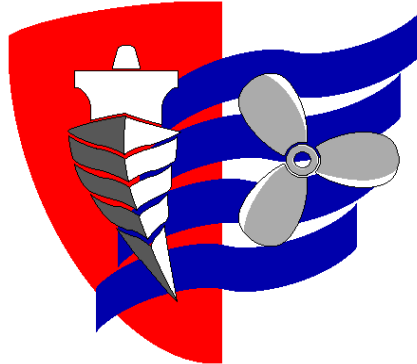


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN  
DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN  
BUQUE FERRY**

*Calculation and design of the air ventilation  
of the engine room of a ferry*

Para acceder al Título de Grado en

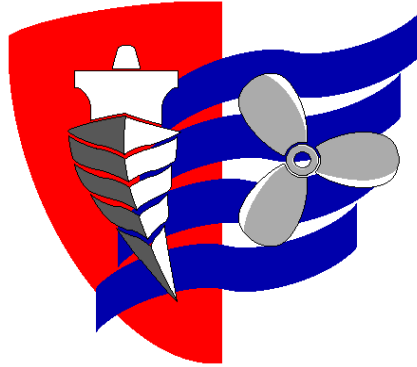
**INGENIERÍA MARÍTIMA**

Autora: Natalia Abascal Arronte

Directora: Belén Río Calonge

Septiembre - 2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN  
DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN  
BUQUE FERRY**

*Calculation and design of the air ventilation  
of the engine room of a ferry*

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARÍTIMA**

Septiembre - 2018

## ÍNDICE

Resumen .....	8
Palabras clave .....	8
Summary .....	8
Keywords .....	9
1. Memoria.....	11
1.1. Objeto .....	11
1.2. Alcance .....	12
1.3. Antecedentes.....	12
1.4. Normas y Referencias .....	12
1.4.1. Normas.....	12
1.4.2. Bibliografía .....	13
1.5. Definiciones y abreviaturas.....	14
1.6. Requisitos de diseño.....	15
1.6.1. Datos principales del buque .....	15
1.7. Análisis de soluciones.....	15
1.8. Resultados finales .....	16
1.8.1. Ventiladores para los motores principales.....	17
1.8.2. Ventiladores para los motores auxiliares.....	20
1.8.3. Ventilador para las depuradoras .....	23
1.8.4. Ventilador para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.....	27
1.8.5. Ventilador para la maquinaria a proa .....	30
1.8.6. Extractor para los motores principales .....	33
1.8.7. Extractor para las depuradoras .....	37

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 4/135

1.8.8. Extractor para estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.....	40
1.9. Planificación.....	44
2. Anexos.....	47
2.1. Cálculos .....	47
2.1.1. Flujo de aire total.....	47
2.1.2. Flujo de aire para la combustión .....	47
2.1.3. Flujo de aire para la evacuación de emisión de calor.....	50
2.1.4. Emisión de calor.....	52
2.1.4.1. Emisión del calor de los motores principales de propulsión diesel.....	52
2.1.4.2. Emisión de calor de los motores diesel de los generadores .	53
2.1.4.3. Emisión de calor de las calderas.....	54
2.1.4.4. Emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación ..	56
2.1.4.5. Emisión del calor del generador eléctrico.....	57
2.1.4.6. Emisión de calor de las instalaciones eléctricas .....	58
2.1.4.7. Emisión de calor de las tuberías de escape y de las calderas de descarga alimentadas con llama de gas. ....	59
2.1.4.8. Emisión de calor de los tanques de calefacción.....	61
2.2. Cálculo de extracción de aire.....	63
2.2.1. Cálculo del caudal de aire a extraer de la sala de máquinas ...	63
2.3. Cálculo de conductos.....	64
2.3.1. Conducto de ventilación de los motores principales.....	73
2.3.2. Conducto de ventilación de los motores auxiliares .....	77
2.3.3. Conducto de ventilación local de maquinaria a proa.....	80
2.3.4. Conducto de ventilación de la sala de depuradoras.....	82
2.3.5. Conducto de ventilación de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.....	85

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 5/135

2.4.	Cálculo de conductos de extracción del aire.....	87
2.4.1.	Conducto de extracción de los motores principales .....	88
2.4.2.	Conducto de extracción de la sala de depuradoras .....	93
2.4.3.	Conducto de extracción de estabilizadores, planta séptica y bombas cintra incendios .....	95
3.	Planos.....	100
4.	Pliego de condiciones .....	102
4.1.	Pliego de condiciones generales .....	102
4.1.1.	Materiales.....	104
4.1.2.	Recepción del material.....	104
4.1.3.	Organización .....	105
4.1.4.	Ejecución de obras.....	105
4.1.5.	Interpretación y desarrollo del proyecto .....	107
4.1.6.	Variaciones del proyecto .....	108
4.1.7.	Obras complementarias .....	108
4.1.8.	Modificaciones.....	108
4.1.9.	Obra defectuosa.....	108
4.1.10.	Medios auxiliares .....	109
4.1.11.	Conservación de las obras.....	109
4.1.12.	Subcontratación de obras .....	109
4.1.13.	Recepción de las obras.....	109
4.1.14.	Contratación del Astillero .....	110
4.1.15.	Contrato .....	110
4.1.16.	Responsabilidades.....	111
4.1.17.	Recisión del Contrato.....	111

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 6/135

4.2.	Pliego de condiciones económicas.....	112
4.2.1.	Mediciones económicas.....	112
4.2.2.	Abono de las obras .....	112
4.2.3.	Precios .....	112
4.2.4.	Revisión de precios.....	113
4.2.5.	Precios contradictorios.....	113
4.2.6.	Penalizaciones por retrasos .....	113
4.2.7.	Liquidación en caso de rescisión del contrato.....	113
4.2.8.	Fianza .....	114
4.2.9.	Gastos diversos a cuenta del Astillero .....	114
4.2.10.	Conservación de las obras durante el plazo de garantía ....	114
4.2.11.	Medidas de seguridad.....	115
4.2.12.	Responsabilidad por daños.....	115
4.2.13.	Demoras .....	115
4.3.	Pliego de condiciones facultativas .....	116
4.3.1.	Normas a seguir .....	116
4.3.2.	Personal .....	116
4.3.3.	Condiciones de los materiales empleados.....	117
4.3.4.	Admisión y retirada de materiales .....	117
4.3.5.	Reconocimiento y ensayos previos.....	117
5.	Mediciones y presupuesto .....	120
5.1.	Presupuesto desglosado en partidas.....	120
5.1.1.	Ventiladores .....	120
5.1.2.	Extractores .....	121
5.1.3.	Conductos .....	121

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 7/135

5.1.4. Mano de obra .....	132
5.1.5. Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales.....	132
5.2. Balance final del presupuesto.....	133

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este proyecto es realizar los cálculos necesarios para evacuar el calor de la sala de máquinas. Para conseguirlo se debe renovar el aire del interior de la sala, expulsándolo al exterior y haciendo entrar aire nuevo, limpio y fresco, dando lugar a la disminución de la temperatura, creando una zona de trabajo óptima para los operarios, motores y equipos de la sala de máquinas.

Estos cálculos se han realizado siguiendo la norma UNE EN ISO 8861:1999 y el texto se ha redactado siguiendo la norma UNE 157001.

Con los cálculos realizados se diseña el dimensionado de los conductos de ventilación y extracción y se selecciona, además, los equipos necesarios para realizar dicha renovación de aire.

Por último, se ha realizado un presupuesto detallado de los costes de toda la instalación, incluida la mano de obra, y asciende a un total de 77.935,57 €.

## **PALABRAS CLAVE**

Ventilación, extractor, ventilador, conductos, UNE-EN ISO 8861:1999.

## **SUMMARY**

The main objective of this project is to perform the necessary calculations to evacuate the heat from the engine room. To achieve this, the air inside the room must be renewed, expelling it to the outside and introducing fresh, clean and fresh air, leading to a decrease in temperature, creating an optimal work area for operators, engines and equipment in the engine room.

These calculations have been carried out following the UNE EN ISO 8861: 1999 standard and the text has been drafted following the UNE 157001 standard.



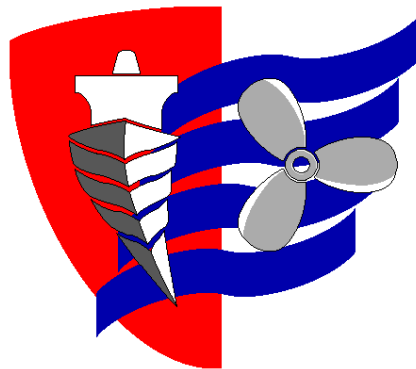
With the calculations made, the sizing of the ventilation and extraction ducts is designed and, in addition, the necessary equipment is selected to carry out said air renewal.

Finally, a detailed budget has been made for the costs of the entire installation, including labor, amounting to a total of €77,935.57.

## **KEYWORDS**

Air system, extractor, ventilator, air vent, UNE-EN ISO 8861:1999.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**MEMORIA**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 11/135

## 1. MEMORIA

### 1.1. OBJETO

El objetivo de este trabajo es el cálculo y diseño de la ventilación de la sala de máquinas del buque ferry *Passió Per Formentera*. Forma parte de la serie de buques de Balearia, siendo el menor con un peso muerto de 850 toneladas, adaptándose perfectamente a las características de los diferentes puertos y tráfico. Propulsado por dos motores principales diésel *Bergen* de cuatro tiempos capaces de desarrollar una potencia máxima de 4.500 kW a 750 rpm cada uno, haciendo un total de 9.000 kW. Además, cuenta con tres motores auxiliares *MITSUBISHI* de 595 kW y 1.500 rpm cada uno, lo que permite al buque desarrollar una velocidad de servicio de 22 nudos y llevar a cabo el trayecto Algeciras-Ceuta recorriendo 2.200 millas.

Se diseñará según la normativa internacional ISO 8861:1999 y su erratum UNE-EN ISO 8861:2001. Norma que especifica los requisitos de diseño adecuados para el sistema de ventilación de la sala de máquinas en barcos de motor diésel, para condiciones normales de trabajo y medio ambiente en cualquier parte del mundo.

Las características que debe adoptar la ventilación de la sala de máquinas deben ser tales que proporcionen unas condiciones confortables de trabajo. Se deberá tener especial cuidado con las zonas que estén sometidas a altas temperaturas y zonas habituales de trabajo. También deben suministrar el aire necesario para evitar el sobrecalentamiento de los aparatos sensibles al calor. El aire se debe distribuir por todas las zonas de la sala de máquinas, evitando zonas de aire caliente estancado.

Se solucionará el calentamiento de la sala de máquinas proporcionando aire fresco y limpio del exterior con un sistema óptimo de ventilación. Para realizarlo, se deben de tener en cuenta las condiciones normales de funcionamiento de la maquinaria, tanto en la mar como en puerto.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 12/135

## 1.2. ALCANCE

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marítima.

## 1.3. ANTECEDENTES

Se realiza la instalación del sistema de ventilación de la sala de máquinas para regular la temperatura en el interior y evacuar el calor producido por las máquinas en funcionamiento, para así tener unas condiciones óptimas para poder trabajar.

El proyecto de ventilación se realiza para el buque Passió Per Formentera, que se muestra en la figura siguiente.



Figura 1. Passió Per Formentera.

Fuente: Balearia, (2018).

## 1.4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 1.4.1. NORMAS

UNE-EN ISO 8861:1999. "Construcción naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculos." (ISO 8861:1998)

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 13/135

UNE-EN ISO 8861:2001 ERRATUM. “Construcción naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculos.” (ISO 8861:1998)

UNE 157001: 2014. “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.”

UNE-EN ISO 12499:2010. Ventiladores industriales. Seguridad mecánica de los ventiladores. Protección. (ISO 12499:1999)

#### 1.4.2. BIBLIOGRAFÍA

Aenor, (2018). Disponible en:

<http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/buscadornormas.asp?modob=S#.Wv7xVe6FPIU> [Consultado: febrero 2018].

Balearia, (2018). Disponible en: <https://www.balearia.com/es/flota> [Consultado mayo 2018].

Bureau Veritas. Disponible en: <http://www.bureauveritas.es/> [Consultado en marzo 2018].

Efren Mora, Carlos. (2018). Cálculo de conductos de ventilación. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=QrjSLZm8868> [Consultado febrero 2018].

Carrier Air Conditioning Company, (1999). *Manual de aire acondicionado. Handbook of air conditioning system design*. Ed. Marcombo.

Enríquez, Francisco (2018). CoolProyect. Disponible en: <http://coolproyect.es/> [Consultado febrero 2018].

Halton Marine, (2018). Disponible en:

[https://www.halton.com/es\\_ES/marine/products/-/product/FDO#technical-tab-1](https://www.halton.com/es_ES/marine/products/-/product/FDO#technical-tab-1) [Consultado marzo 2018].

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 14/135

Novenco, (2018). Disponible en: <https://www.novenco-building.com/products/axial-flow-fans/> [Consultado marzo 2018]

Sodeca, (2018). Disponible en: <http://www.sodeca.com/es/> [Consultado marzo 2018]

## 1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

**Ventilación:** suministro de aire a un espacio cerrado para satisfacer las necesidades de sus ocupantes y/o los requisitos del equipamiento en este respecto.

**Extractor:** aparato que extrae el aire a un espacio cerrado para satisfacer las necesidades de sus ocupantes y/o los requisitos del equipamiento en este respecto.

**Sala de máquinas:** el espacio que contiene la maquinaria de propulsión principal, las calderas, los generadores diésel y la maquinaria eléctrica principal.

**Calor:** energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías, es originada por los movimientos vibratorios de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos.

**Potencia normalizada de servicio:** la potencia continua de freno que declara el fabricante que el motor es capaz de suministrar, utilizando sólo los auxiliares dependientes esenciales, entre los intervalos de mantenimiento normales establecidos por el fabricante y bajo las siguientes condiciones: a una velocidad establecida en las condiciones ambientales y de funcionamiento de las especificaciones del motor, con la potencia declarada ajustada o corregida según determine el fabricante en función de las condiciones ambientales y de funcionamiento establecidas de las especificaciones del motor y habiendo llevado a cabo el mantenimiento prescrito por el fabricante del motor.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 15/135

## 1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

### 1.6.1. DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE

El buque ferry *Passió Per Formentera* perteneciente a la naviera Balearia fue botado en el año 2009, actualmente activo y construido por los Astilleros H.J. Barreras de Vigo su número IMO es 9465239.

Peso muerto de 850 toneladas y arqueo bruto de 6146. Eslora total de 101 metros, manga máxima de 17 metros y calado máximo de 4,30 metros. Propulsado por dos motores diésel *Bergen* de cuatro tiempos con una potencia de 4.500 kW a 750 rpm cada uno; tres motores auxiliares *MTSUBISHI* de 595 kW y 1.500 rpm cada uno. Además, cuenta con dos hélices con una velocidad en servicio de 243,5 rpm cada una, alcanzando una velocidad máxima en servicio de 22 nudos y autonomía de 2.200 millas.

## 1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para la elección de los ventiladores y extractores necesarios en la sala de máquinas, a partir de los cálculos realizados en el apartado de anexos necesarios para la ventilación de la sala de máquinas del buque ferry *Passió Per Formentera* se han consultado varias casas comerciales como son: Novenco y Sodeca. (Novenco, 2018 y Sodeca, 2018)

Tanto Novenco como Sodeca tienen ventiladores de flujo axial y centrífugo. En el caso de la empresa Novenco, son ventiladores de flujo axial con cuchillas ajustables y varios modelos tales como para la instalación de conductos (ACN y ARN), para trabajos pesados (ACW), ventiladores con succión y escape libres (ACG), para montajes en la pared.

Los ventiladores Novenco están disponibles para aplicaciones marinas y terrestres. Los ventiladores están fabricados para ofrecer comodidad y uso industrial en las versiones de temperatura estándar, ATEX, EX y humo.

Por otro lado, se ha consultado el catalogo Sodeca y el diseño está constituido por esta casa constructora. Esta empresa centra su actividad en la producción

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 16/135

de sistemas de ventilación, ventiladores y extractores. Estos productos están presentes a nivel internacional, debido a los procedimientos de calidad certificados por BUREAU VERITAS. Además, el factor más importante para esta empresa es el humano, ya que ofrece soluciones planteadas por cualquier profesional trabajando en el ámbito de trabajo. Por último, Sodeca presenta los nuevos ventiladores eficientes de alto rendimiento, equipados con motorizaciones de alta tecnología para ahorrar un ahorro energético.

## **1.8. RESULTADOS FINALES**

A continuación, a partir de los cálculos realizados en el apartado de anexos, se van a elegir los ventiladores que más se ajusten a las necesidades de funcionamiento para mantener unas condiciones óptimas de trabajo en la sala de máquinas. Los ventiladores serán fabricados por la empresa internacional SODECA, garantizando la calidad del producto. Tales procedimientos de calidad son aprobados por el BUREAU VERITAS.

Esta empresa cuenta tanto con ventiladores como extractores, estos primeros serán centrífugos o helicoidales. En nuestro caso, se escogerán ventiladores de tipo helicoidal debido a que son adecuados para evacuar gran caudal de aire con una presión relativamente baja.

Será necesario instalar seis ventiladores, uno para cada conducto de ventilación de la sala de máquinas.

- Ventiladores para los motores principales.
- Ventilador para los motores auxiliares.
- Ventiladores para las depuradoras.
- Ventilador para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.
- Ventilador para la maquinaria a proa.

A continuación, se detallan las dimensiones y capacidad que tiene cada uno de ellos para que se ajuste a las condiciones de diseño.



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 17/135

### 1.8.1. VENTILADORES PARA LOS MOTORES PRINCIPALES

La zona de los motores principales, va a precisar de dos conductos de ventilación, por lo que se van a necesitar dos ventiladores helicoidales del fabricante SODECA. (Sodeca, 2018).

A continuación, se seleccionará un ventilador helicoidal tubular de gran diámetro con motor exterior, modelo HGTX. La versión estándar es de carcasa larga, equipada con trampilla de inspección y envolvente tubular en chapa de acero. La temperatura de trabajo oscila desde los -25°C hasta +120°C.

La dirección del aire del motor seleccionado es motor-hélice. Las hélices son de fundición de aluminio de 3, 6 ó 9 álabes con ángulo de inclinación ajustable. Esto depende del modelo HGTX seleccionado.

El motor es de eficiencia IE2 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW, excepto los monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.

Motor trifásico 400/690V-50Hz (potencias superiores a 4kW).

Certificación ATEX categoría 2.

Caudal necesario a transportar: 55.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HGTX-125-8T/9-5.5

HGTX: ventiladores helicoidales tubulares de gran diámetro, con motor exterior.

Diámetro de la hélice: 125 mm

Motor trifásico, 8 polos, 750 rpm, 50 Hz.

9 palas, potencia del motor 5,5 kW.

Características técnicas

Velocidad: 710 rpm

Intensidad máxima admisible, 400V: 9,30 A

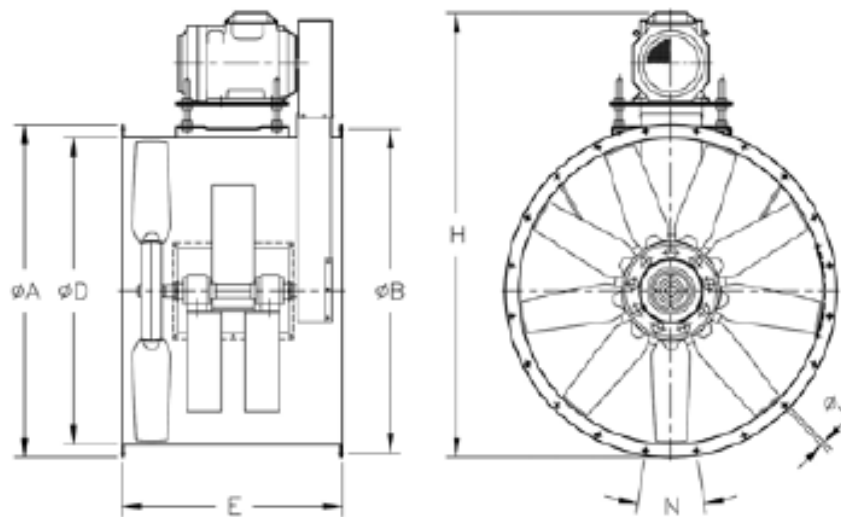
Potencia instalada: 4 kW

Caudal máximo: 55.200 m<sup>3</sup>/h

Nivel presión sonora: 73 dB

Peso: 387 kg

El dimensionado del ventilador se presenta en la figura siguiente:



Modelo	ØA	ØB	ØD	E	H*	ØJ	N
HGTX-125-8T/9-5.5	1.365	1.320	1.250	14	1.815	15	20x18°

\*Se selecciona según la potencia del motor

Figura 2. Ventilador de los motores principales.

Fuente: Sodeca, (2018).

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HGTX-125-8T/9

Ángulo de inclinación de las palas: 30°

Potencia nominal del motor: 11 kW

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 46%

Grado de eficiencia: 46,5%

Potencia eléctrica: 8,324 kW

Caudal: 59.770 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 23,52 mm c.a.

Velocidad: 733 rpm

Selección del ventilador

En primer lugar es necesario seleccionar el punto de trabajo con el caudal y la pérdida de carga. (Caudal de 55.000 m<sup>3</sup>/h y una pérdida de carga de 9,1368 mm c.a.).

Para seleccionar el tipo de ventilador, previamente se entra en la gráfica de presiones de la figura 2, con el caudal definido y la pérdida de carga obtenida. A continuación, se escoge la curva de equipo que más se acerque por encima al punto de trabajo. En este caso se obtiene una curva de 20° de ángulo de pala.

**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 9**

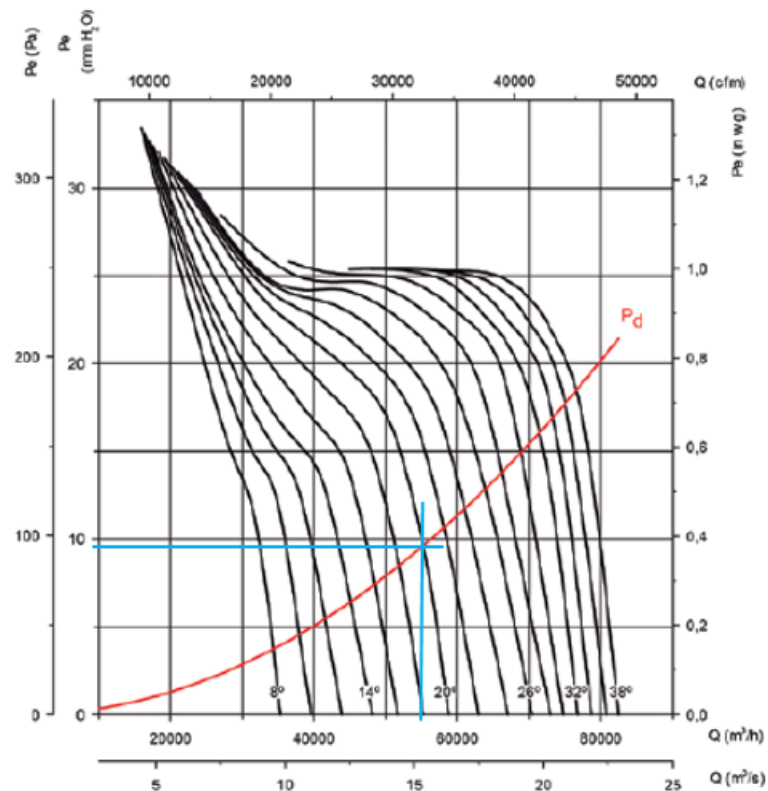


Figura 3. Gráfico de Presiones.

Fuente: Sodeca, (2018).

Finalmente, se entra en la gráfica de potencia y se marca el punto de trabajo definido por el caudal y la curva de ángulo de pala escogido y se obtiene la potencia absorbida en el eje de potencias 3.900 W. Por último, se busca la recta roja que más se acerque al punto de trabajo por encima, se obtiene el valor de potencia instalada de motor, en este caso 4 kW o 5,5 CV.

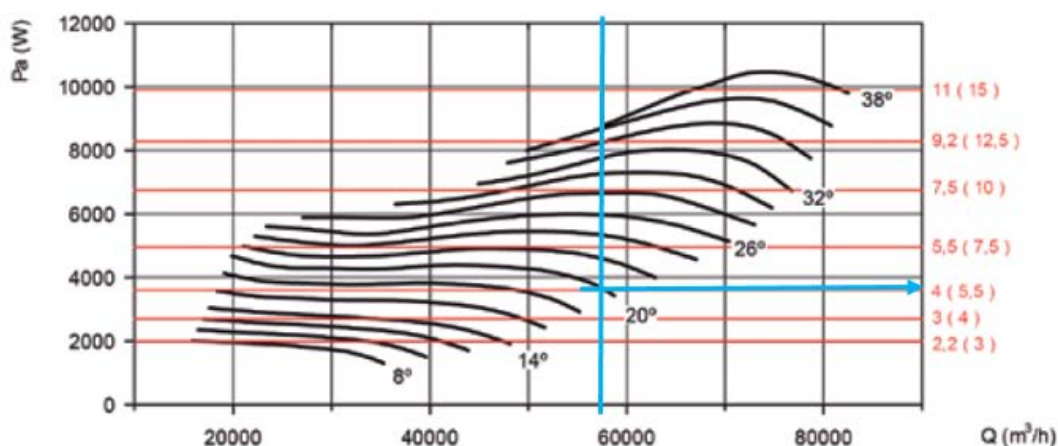


Figura 4. Gráfico de Potencia.

Fuente: Sodeca, (2018).

Ventilador seleccionado para evacuar 55.000 m³/h de aire:

Código de pedido: **HGTX-125-8T-9-5,5-20**

### 1.8.2. VENTILADORES PARA LOS MOTORES AUXILIARES

La zona de los motores auxiliares, precisa de un conducto de ventilación, por lo tanto, con un ventilador será suficiente para evacuar 32.000 m³/h.

Se elegirá el mismo fabricante, SODECA, pero diferente modelo, debido a que ahora se transporta un caudal de aire bastante menor. Se instalarán ventiladores helicoidales murales con motor IP55 y hélice de plástico reforzada en fibra de vidrio, marca HP. Ventilador con marco de soporte en chapa de acero, hélice en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio, rejilla de protección contra contactos según norma UNE-EN ISO 12499:2010. En el modelo 80, la rejilla de protección se suministra como accesorio. Dirección

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 21/135

aire motor-hélice y la temperatura de trabajo oscila desde los -25°C hasta +60°C.

Motor de eficiencia IE2 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW e inferiores a 7,5 kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos. Motor de clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, de 1 ó 2 velocidades según el modelo. Motor trifásico 230/400V-50Hz (hasta 4kW).

Caudal necesario transportar: 32.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HC-80-4T/H

HC: ventilador helicoidal mural con motor IP55.

Diámetro de la hélice: 80 cm

Motor trifásico, 4 polos, 1.400 rpm, 50 Hz, caudal alto.

Dirección del aire hélice→motor: aspirante, A.

Conjunto motor, hélice, rejilla: F

Características técnicas

Modelo: HC-80-4T/H-A-F

Velocidad: 1.445 rpm

Intensidad máxima admisible, 230V: 10,96 A

400V: 6,33 A

Potencia instalada: 3 kW

Caudal máximo: 33.000 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: 82 dB

Peso: 55 kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HC-80-4T/H

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 48,4%

Grado de eficiencia: 51,5

Potencia eléctrica: 3,247 kW

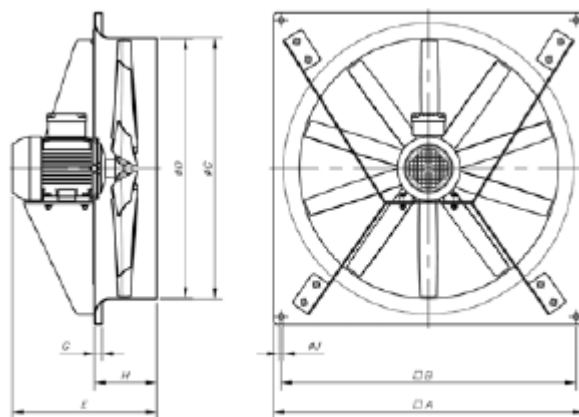
Caudal: 19.996 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 28,89 mm c.a.

Velocidad: 1.449 rpm

El dimensionado del ventilador se presenta en la figura siguiente.

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	ØC	ØD	E	G	H	ØJ
HC-80-4T/H	970	910	801	797	488	20	210	14,5

Figura 5. Ventiladores de los motores auxiliares.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curva característica:

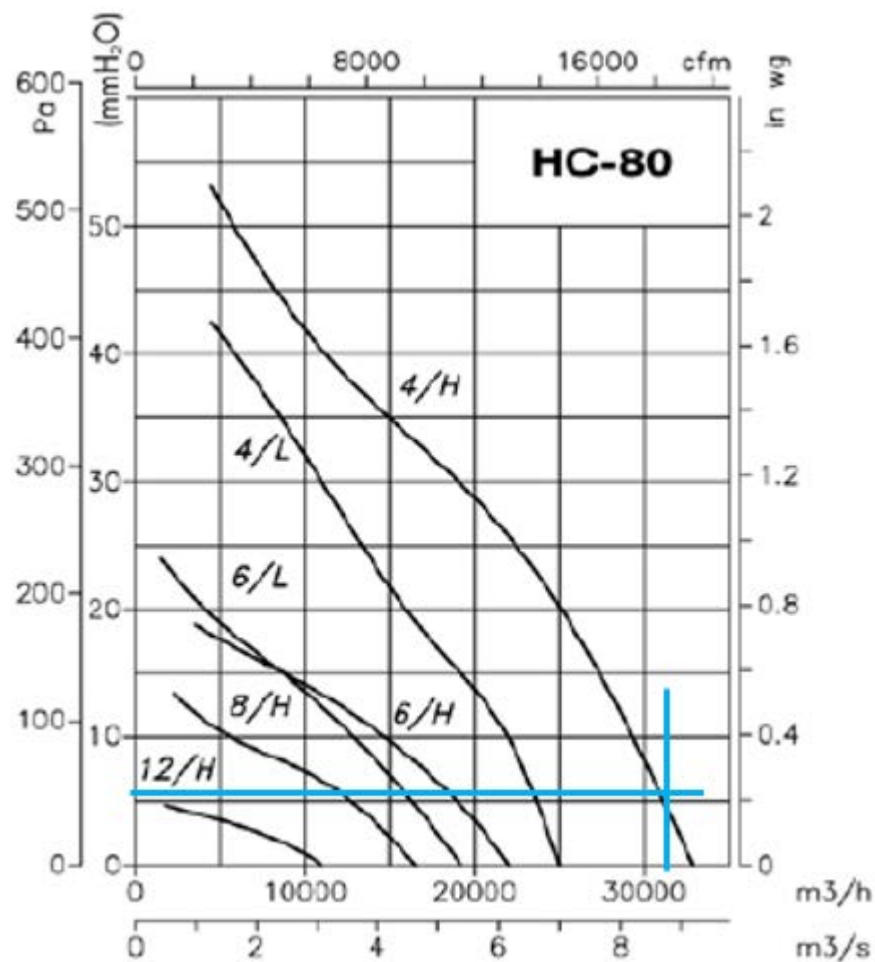


Figura 6. Curva característica del ventilador.

Fuente: Sodeca, (2018).

Ventilador seleccionado para evacuar 32.000 m<sup>3</sup>/h de aire.

La intersección del caudal y la pérdida de carga de 6,7446 mm c.a. coincide se aproxima considerablemente a la curva 4/H.

Código de pedido: **HC-80 4H**

### 1.8.3. VENTILADOR PARA LAS DEPURADORAS

Se utilizará el mismo modelo de ventilador que en el caso del de los motores auxiliares. En este caso ocurre lo mismo, solo hay un conducto de ventilación

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 24/135

para las depuradoras, por lo tanto, solo se necesitará un ventilador que evacue 20.000 m<sup>3</sup>/h.

Caudal necesario transportar: 20.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HC-80-6T/H

HC: ventilador helicoidal mural con motor IP55.

Diámetro de la hélice: 80 cm

Motor trifásico, 6 polos, 900 rpm, 50 Hz, caudal alto.

Dirección del aire hélice→motor: aspirante, A.

Conjunto motor, hélice, rejilla: F

Características técnicas

Modelo: HC-80-6T/H- A-F

Velocidad: 945 rpm

Intensidad máxima admisible: 230V: 3,90 A

400V: 2,20 A

Potencia instalada: 0,75 kW

Caudal máximo: 22.000 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: 71 dB

Peso: 45 kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HC-80-6T/H

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 44,3%

Grado de eficiencia: 50,8

Potencia eléctrica: 0,935 kW



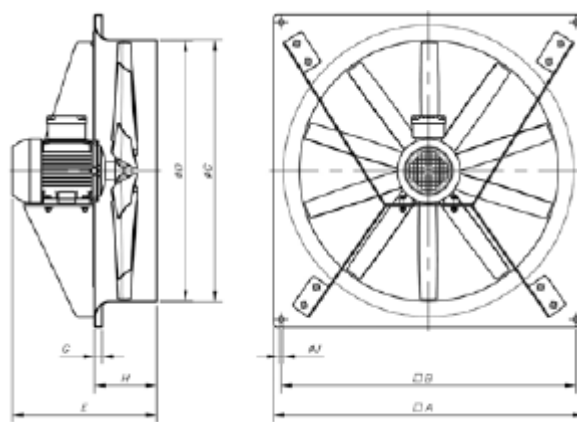
Caudal: 12.533 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 12,14 mm c.a.

Velocidad: 948 rpm

El dimensionado del ventilador se presenta en la figura siguiente.

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	ØC	ØD	E	G	H	ØJ
HC-80-6T/H	970	910	801	797	458	20	210	14,5

Figura 7. Ventiladores para la sala de depuradoras.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curva característica:

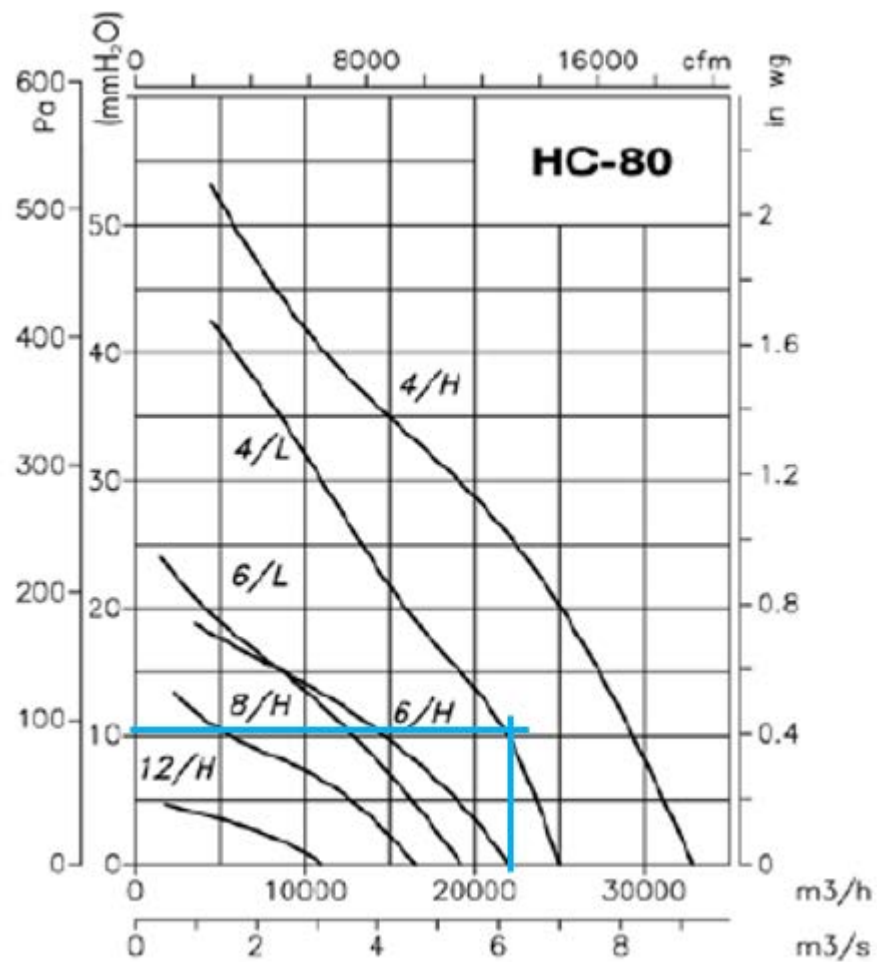


Figura 8. Curva característica del ventilador.

Fuente: Sodeca, (2018).

Ventilador seleccionado para evacuar 22.000 m<sup>3</sup>/h de aire.

La intersección del caudal y la pérdida de carga de 10,0062 mm c.a. se encuentra en la curva de 4/L.

Código de pedido: **HC-80 4L**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 27/135

#### 1.8.4. VENTILADOR PARA LA ZONA DE ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CONTRA INCENDIOS

Se utilizará el mismo modelo de ventilador que en los dos últimos casos, es decir HP del fabricante SODECA.

Caudal necesario transportar: 10.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HC-50-4T/H

HC: ventilador helicoidal mural con motor IP55.

Diámetro de la hélice: 50 cm

Motor trifásico, 4 polos, 1.400 rpm, 50 Hz, caudal alto.

Dirección del aire hélice→motor: aspirante, A.

Conjunto motor, hélice, rejilla: F

Características técnicas

Modelo: HC-50-4T/H- A-F

Velocidad: 1.380 rpm

Intensidad máxima admisible: 230V: 2,92 A

400V: 1,69 A

Potencia instalada: 0,55 kW

Caudal máximo: 10.200 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: 69 dB

Peso: 18 kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HC-50-4T/H

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 34,2%

Grado de eficiencia: 41,8

Potencia eléctrica: 0,611 kW

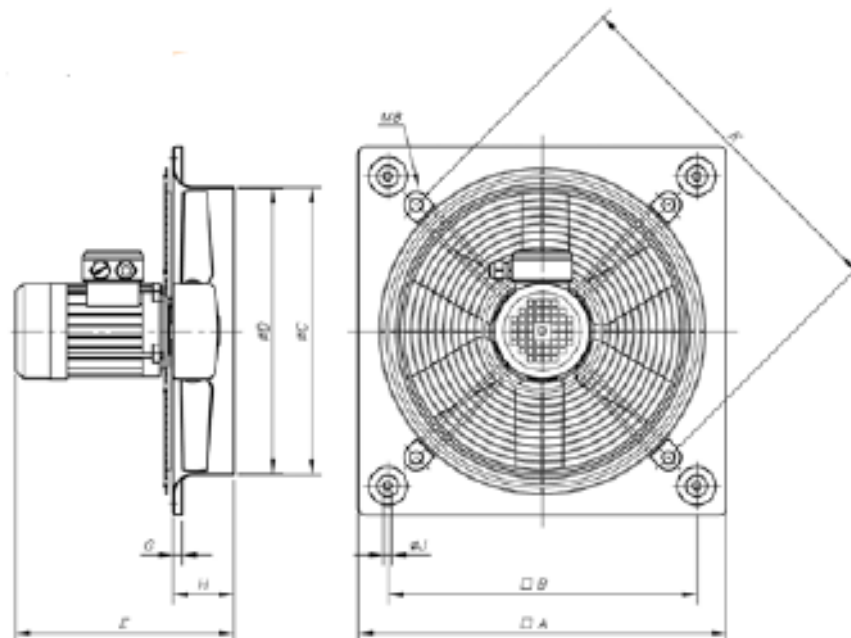
Caudal: 5.349 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 14,34 mm c.a.

Velocidad: 1.412 rpm

El dimensionado del ventilador se presenta en la figura siguiente:

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	ØC	ØD	E	G	H	ØJ	K
HC-50-4T/H	665	562	516,5	514	325,5	11	115	10,5	640

Figura 9. Ventilador para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curva característica:

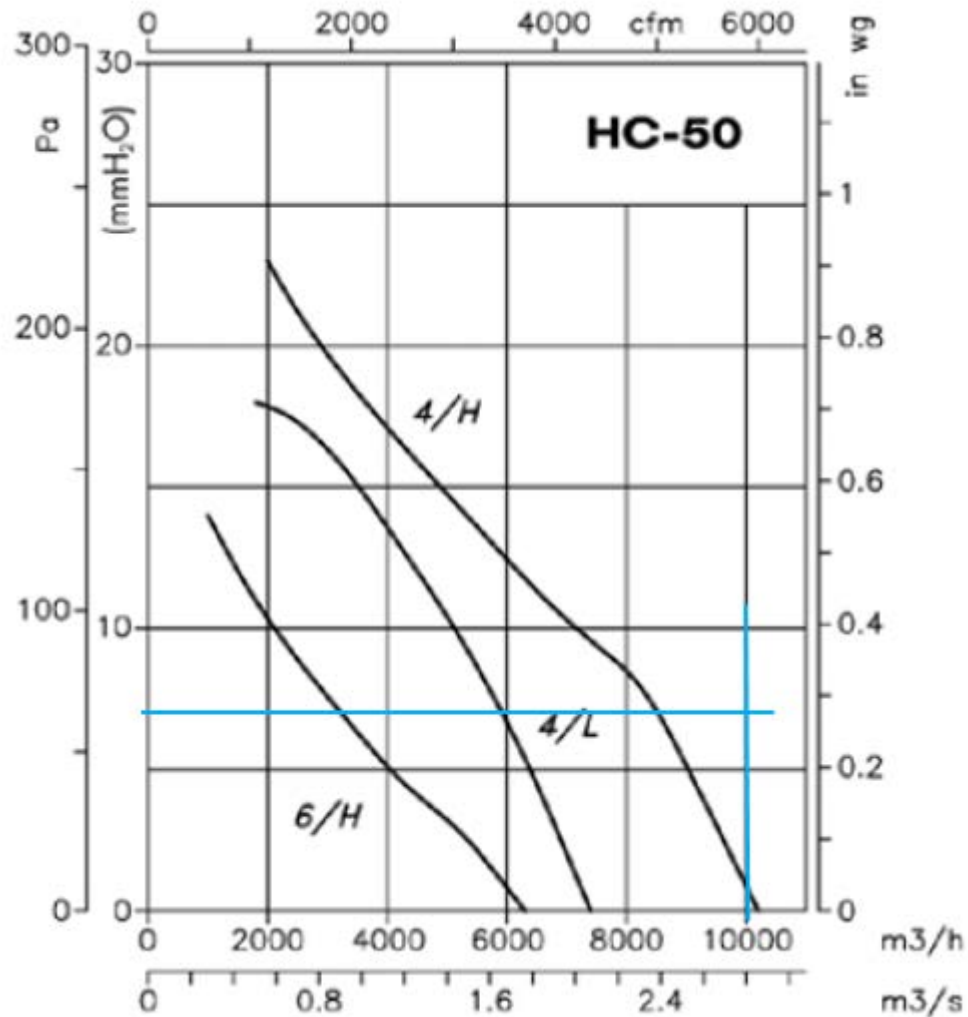


Figura 10. Curva característica del ventilador.

Fuente: Sodeca, (2018).

Ventilador seleccionado para evacuar 10.000  $\text{m}^3/\text{h}$  de aire.

La intersección del caudal y la pérdida de carga de 6,6366  $\text{mm c.a.}$  se aproxima a la curva 4/H.

Código de pedido: **HC-50 4H**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 30/135

### 1.8.5. VENTILADOR PARA LA MAQUINARIA A PROA

Ocurre lo mismo que en los últimos casos, ventilador del fabricante SODECA y modelo HP.

Caudal necesario transportar: 7.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HC-45-4T/H

HC: ventilador helicoidal mural con motor IP55.

Diámetro de la hélice: 45 cm

Motor trifásico, 4 polos, 1.400 rpm, 50 Hz, caudal alto.

Dirección del aire hélice→motor: aspirante, A.

Conjunto motor, hélice, rejilla: F

Características técnicas

Modelo: HC-45-4T/H- A-F

Velocidad: 1.370 rpm

Intensidad máxima admisible: 230V: 2,02 A

400V: 1,17 A

Potencia instalada: 0,37 kW

Caudal máximo: 7.300 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: 66 dB

Peso: 14 kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HC-45-4T/H

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 36,3%

Grado de eficiencia: 45,0

Potencia eléctrica: 0,423 kW

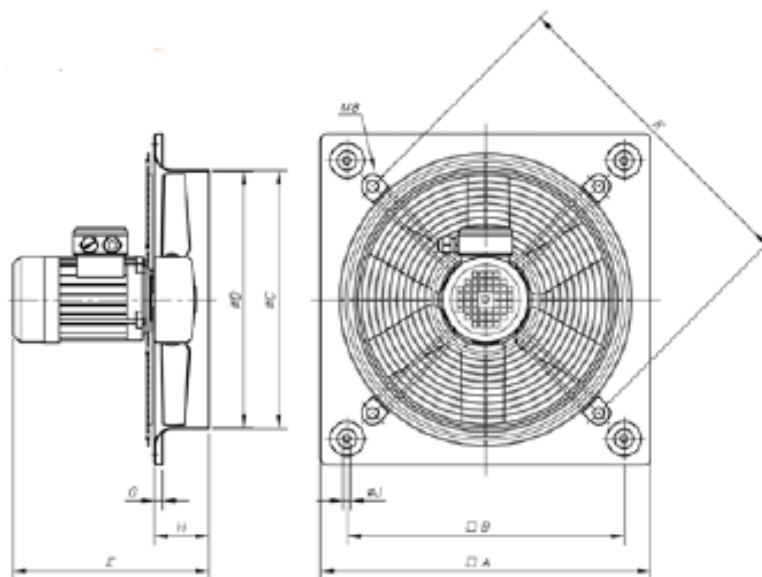
Caudal: 4.282 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 13,18 mm c.a.

Velocidad: 1.403 rpm

El dimensionado del ventilador se presenta en la figura siguiente.

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	ØC	ØD	E	G	H	ØJ	K
HC-45-4T/H	596	504	462,5	460	315,5	11	105	10,5	560

Figura 11. Ventilador de la maquinaria a proa.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curva característica:

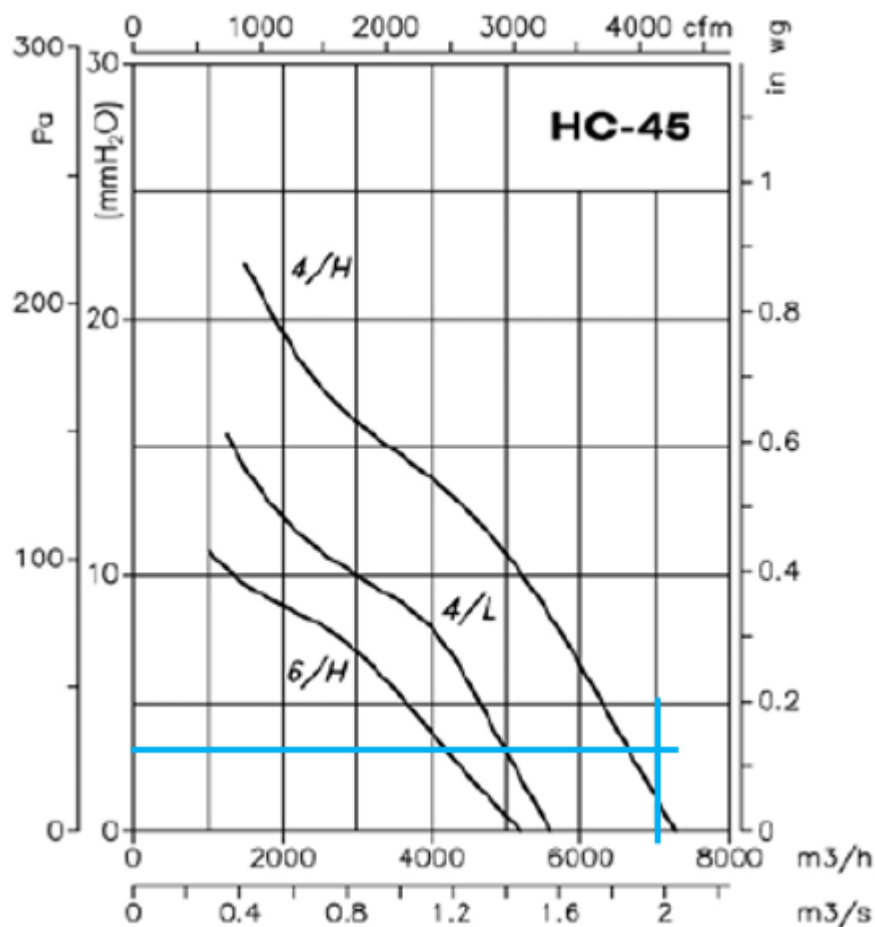


Figura 12. Curva característica del ventilador.

Fuente: Sodeca, (2018).

Ventilador seleccionado para evacuar 7.000 m<sup>3</sup>/h de aire.

La intersección entre el caudal y la pérdida de carga de 4,401 mm c.a., se acercan a la curva de intersección de 4/H.

Código de pedido: **HC-45 4H**

Una vez obtenidos todos los ventiladores, es necesario seleccionar extractores adecuados a las condiciones de diseño. Será necesario instalar cuatro, al igual que en el caso anterior, uno para cada conducto de extracción.

- Extractores para los motores principales.
- Extractor para las depuradoras.



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 33/135

- Extractor para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.

A continuación, se detallan las dimensiones y capacidad que tiene cada uno de ellos para que se ajuste a las condiciones de diseño.

#### 1.8.6. EXTRACTOR PARA LOS MOTORES PRINCIPALES

La zona de los motores principales, va a precisar de dos conductos de ventilación, por lo que se van a necesitar dos ventiladores helicoidales del fabricante SODECA.

La zona de los motores principales necesitará dos extractores, debido a que hay dos conductos de extracción porque es necesario extraer mucho caudal de aire, 10.000 m<sup>3</sup>/h.

El fabricante de los extractores será el mismo que de los ventiladores, es decir, SODECA. Modelo de extractor de cubierta multifuncional de robusta construcción para la extracción de grandes caudales, HTMH y trabaja a temperaturas que oscilan entre los -25°C y +50°C.

Ventilador con base de soporte en chapa de acero galvanizada pintada, hélices orientables en fundición de aluminio, rejilla de protección contra contactos según norma UNE-EN ISO 12499:2010 y sombrerete en chapa de acero galvanizada pintada, con salida de aire natural.

Motor de eficiencia IE2 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW e inferiores a 7,5 kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 6 polos, clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, de 1 ó 2 velocidades según modelo y trifásico 230/400V-50Hz (hasta 4kW).

Construcción total en acero y demandado para aplicaciones navales, con certificación para servicio esencial según diferentes entidades de clasificación (BV, DNV, LR), motores CE, NEMA, UL, CSA, y motores de eficiencias IE2 para cualquier potencia.

Caudal necesario extraer: 10.000 m<sup>3</sup>/h

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 34/135

Modelo: HTMH-56-4T-1,5

HTMH: Extractores de cubierta multifuncional.

Diámetro de la hélice 56 cm.

Motor trifásico de 4 polos, 1.400 rpm y 50 Hz.

Potencia del motor: 1,5CV.

Características técnicas:

Modelo: HTMH-56-4T-1

Velocidad: 1.410 rpm

Intensidad máxima admisible, 230V: 4,03A

400V: 2,32A

Potencia instalada: 1,10 kW

Caudal máximo: 11.400 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: Aspiración: 63 dB

Descarga: 50 dB

Peso: 69 Kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HTMH-56-4T-1,5

Categoría de medición: C

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 48,5%

Grado de eficiencia: 54,4

Potencia eléctrica: 1,16 kW

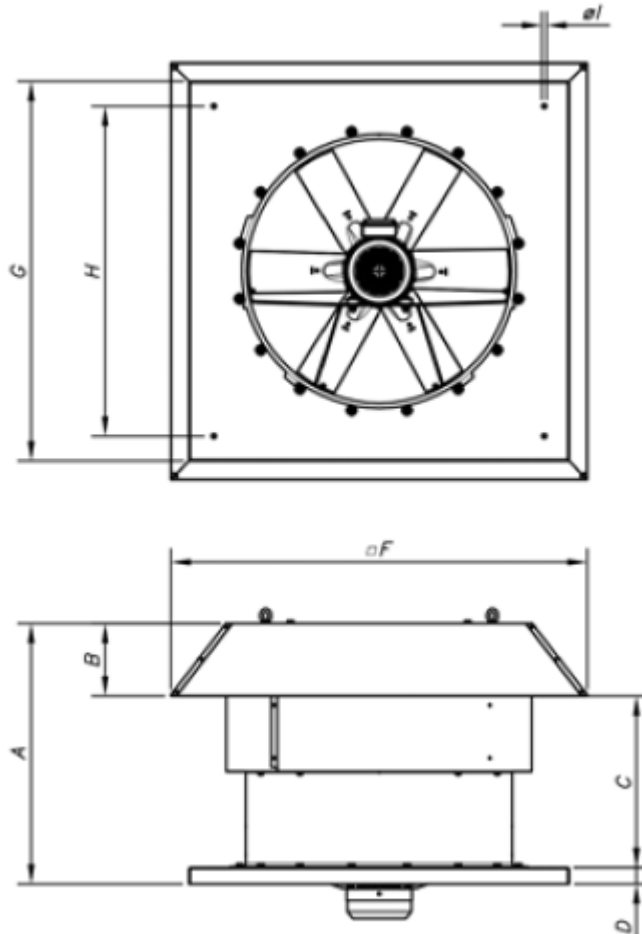
Caudal: 11.340 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 18,14 mm c.a.

Velocidad: 1.414 rpm

El dimensionado del extractor se presenta en la figura siguiente:

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	C	D	E	G	H	I
HTMH-56	650	185	465	40	960	900	750	14

Figura 13. Extractor de los motores principales.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curvas características:

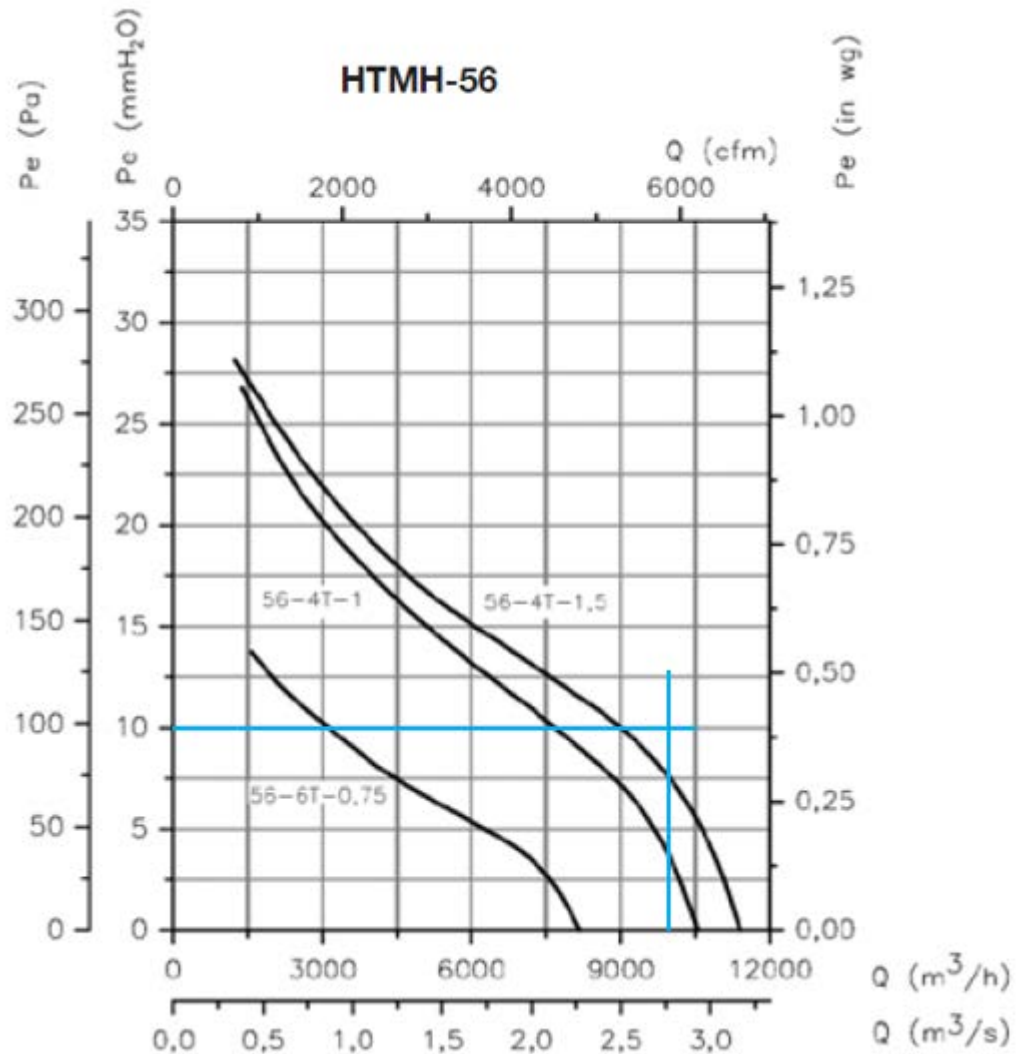


Figura 14. Curva característica.

Fuente: Sodeca, (2018)

Extractor seleccionado para evacuar  $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$  de aire.

La intersección entre el caudal y la pérdida de carga de  $10,5618 \text{ mm c.a.}$  se aproximan a la curva de 56-4T-1,5.

Código de pedido: **HTMH-56-4T-1**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 37/135

### 1.8.7. EXTRACTOR PARA LAS DEPURADORAS

El tipo de extractor seleccionado para esta zona será el mismo que para los motores principales, pero en este caso es necesario extraer menos caudal de aire.

Caudal necesario extraer: 8.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HTMH-56-6T-0,75

HTMH: Extractores de cubierta multifuncional.

Diámetro de la hélice 56 cm.

Motor trifásico de 6 polos, 900 rpm y 50 Hz.

Potencia del motor: 0,75 CV.

Características técnicas:

Modelo: HTMH-56-6T-0,75

Velocidad: 910 rpm

Intensidad máxima admisible, 230V: 2,59A

400V: 1,49A

Potencia instalada: 0,55 kW

Caudal máximo: 8.170 m<sup>3</sup>/h

Nivel de presión sonora: Aspiración: 51 dB

Descarga: 49 dB

Peso: 67 Kg

Características del punto de máxima eficiencia

Modelo: HTMH-56-6T-0,75

Categoría de medición: B

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 42,7%

Grado de eficiencia: 50,8

Potencia eléctrica: 0,52 kW

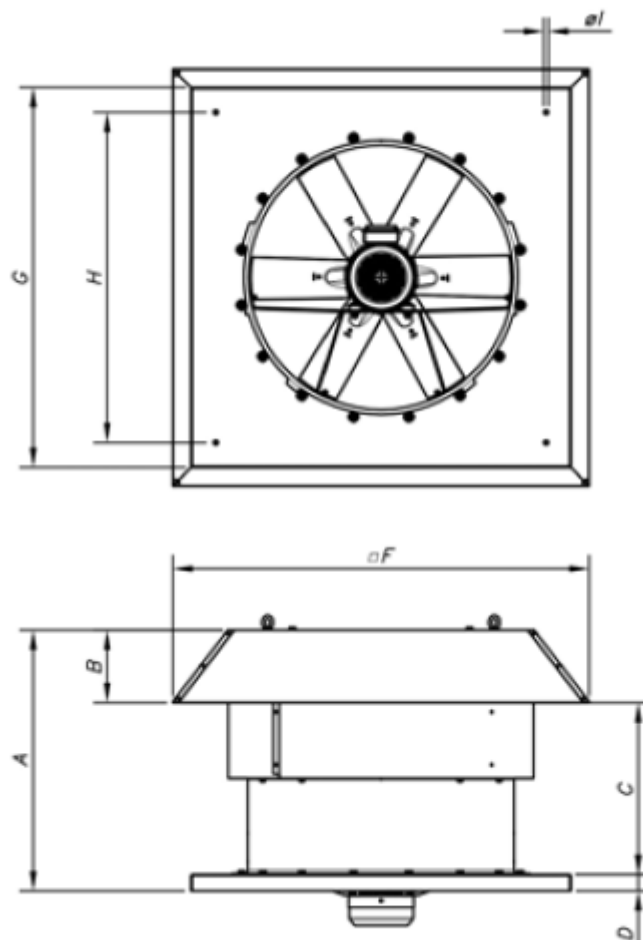
Caudal: 9.212 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 8,77 mm c.a.

Velocidad: 934 rpm

El dimensionado del extractor se presenta en la figura siguiente:

Dimensiones en mm:



Modelo	A	B	C	D	E	G	H	I
HTMH-56	650	185	465	40	960	900	750	14

Figura 15. Extractor para la sala de depuradoras.

Fuente: Sodeca, (2018).

## Curva característica

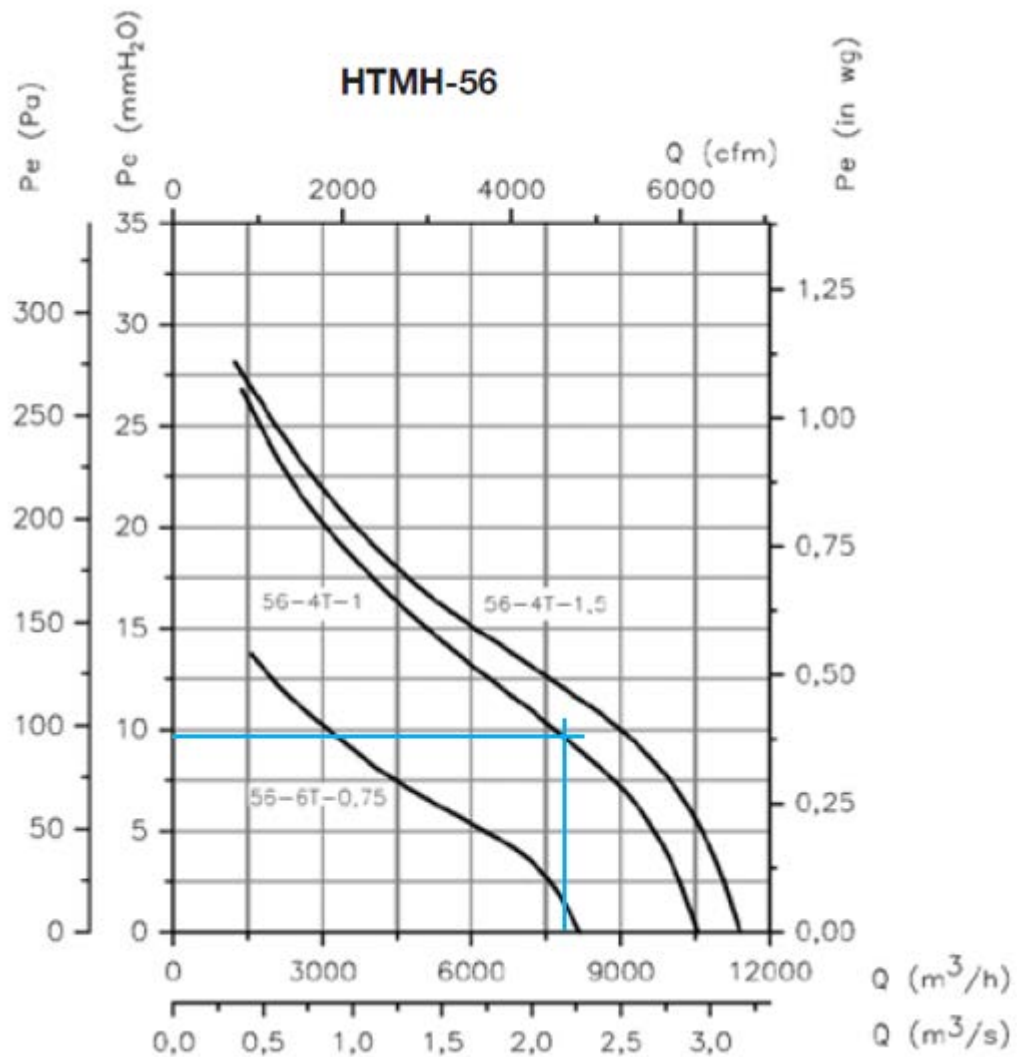


Figura 16. Curva característica.

Fuente: Sodeca, (2018)

Extractor seleccionado para evacuar 8.000 m<sup>3</sup>/h de aire

La intersección entre el caudal y la pérdida de carga de 9,6715 mm c.a. coincide con la curva de 56-4T-1.

Código de pedido: **HTMH-56-4T-1**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 40/135

### 1.8.8. EXTRACTOR PARA ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CONTRA INCENDIOS

En este caso, debido al poco caudal de aire que hay que extraer, se utilizará otro modelo de extractor helicoidal, HP, con hélice de plástico reforzado con fibra de vidrio con base plana soporte en chapa de acero galvanizada pintada, rejilla de protección antipájaros, sombrerete deflector antilluvia en chapa de acero galvanizado pintada, con protección anticorrosiva y dirección aire motor-hélice del mismo fabricante SODECA.

Motor de eficiencia IE2 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW e inferiores a 7,5 kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos, clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, protección IP54 y motores trifásicos 220-240V/380-415V-50Hz (hasta 4 kW). La temperatura del aire a transportar comprende desde los -25°C hasta +60°C.

Certificación ATEX categoría 2.

Caudal necesario extraer: 6.000 m<sup>3</sup>/h

Modelo: HT-45-4T-I-BSS

HT: Extractores helicoidales de tejado, con base plana

Diámetro de la hélice 45 cm

Motor trifásico de 4 polos, 1.400 rpm y 50 Hz.

I: Ventiladores para la extracción

BSS: Base de soporte elevada con silenciador.

Características técnicas:

Velocidad: 1.370 rpm

Intensidad máxima admisible, 230V: 2,02A

400V: 1,17A

Potencia instalada: 0,37 kW

Caudal máximo: 6.500 m<sup>3</sup>/h



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 41/135

Nivel de presión sonora, Aspiración: 55 dB

Descarga: 53 dB

Peso: 29 kg

Características del punto de máxima eficiencia:

Modelo: HT-45-4T

Categoría de medición: A

Categoría de eficiencia: estática

Eficiencia: 33,4%

Grado de eficiencia: 41,8

Potencia eléctrica: 0,475 kW

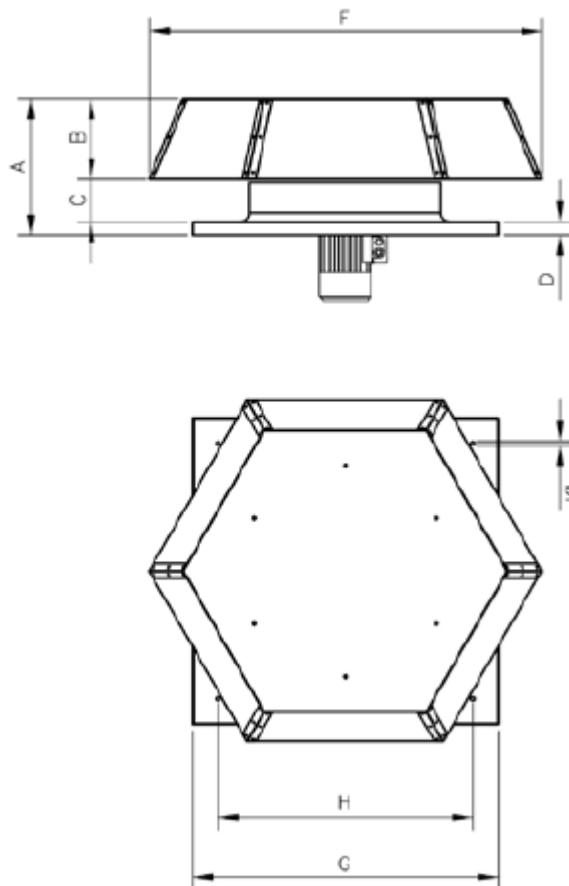
Caudal: 4.228 m<sup>3</sup>/h

Presión total: 13,8 mm c.a.

Velocidad: 1.392 rpm

El dimensionado del extractor se presenta en la figura siguiente:

Dimensiones en mm.



Modelo	A	B	C	D	E	G	H	I
HT-45	342	202	90	50	923	710	590	12

Figura 17. Extractor para estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.

Fuente: Sodeca, (2018).

Curvas características:

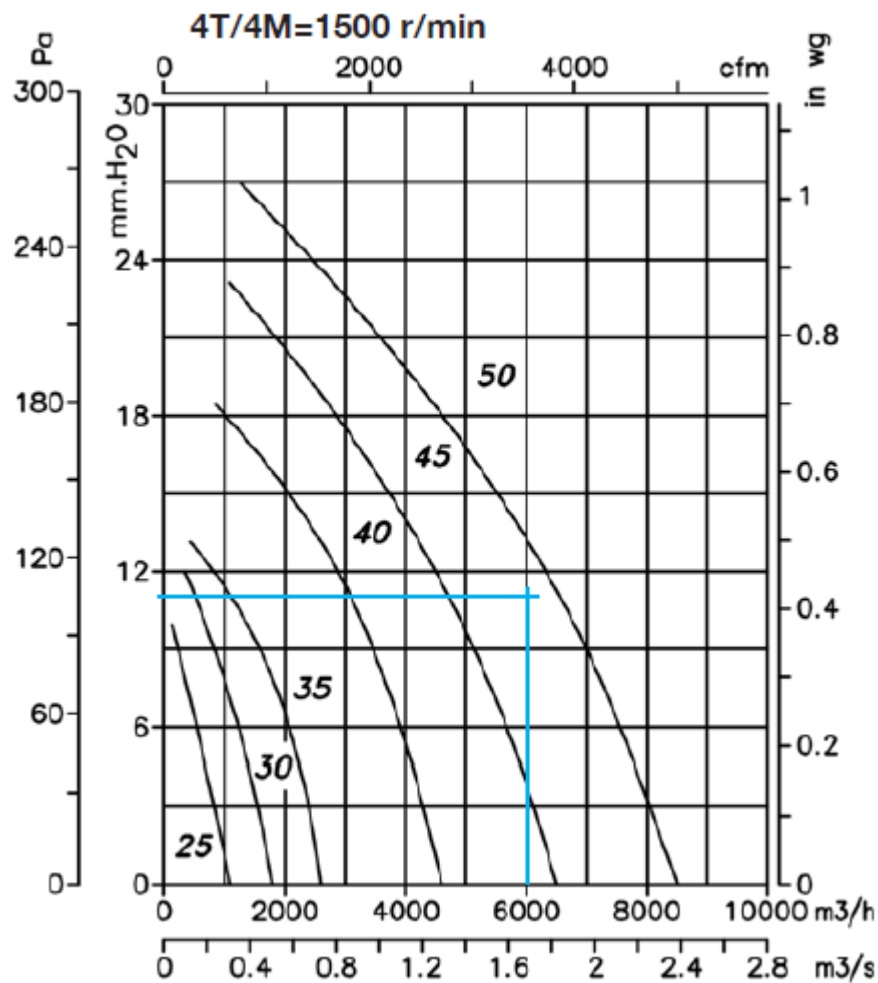


Figura 18. Curva característica.

Fuente: Sodeca, (2018)

Extractor seleccionado para evacuar 6.000 m³/h de aire:

La intersección de la línea de caudal y pérdida de carga de 10,0601 mm c.a. se acerca a la curva de 45.

Código de pedido: **HT-45-4T**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 44/135

## 1.9. PLANIFICACIÓN

Se van a seguir unos criterios generales para desarrollar el Trabajo de Fin de Grado según la norma UNE 157001:2014 “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, elaborada por el comité técnico AEN/CTN 157 *Proyectos*.

Esta norma detalla cómo debe realizarse el proyecto para que pueda ser interpretado correctamente, con todo detalle, para quien deba desarrollarlo no necesite aclaraciones del autor.

Se presenta el Trabajo con una pequeña introducción, consta de un resumen, en el cual se presenta todo lo que se va a realizar en el proyecto.

A continuación, se realiza la memoria. En ella se presenta el objetivo del trabajo, en este caso es el cálculo y diseño de la ventilación de la sala de máquinas del buque ferry *Passió Per Formentera*. Es necesario hacer referencia a quien va destinado este Proyecto, es aquí donde se menciona la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, que será la responsable de adjudicarme el Título de Grado en Ingeniería Marítima.

Para seguir, se dan los datos generales del buque para ajustar el diseño a sus condiciones. Se realiza el cálculo según la norma UNE-EN ISO 8861: *Construcción Naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diésel, Requisitos de diseño y bases de cálculo. (ISO 8861:1998)* y su erratum UNE-EN ISO 8861:2001.

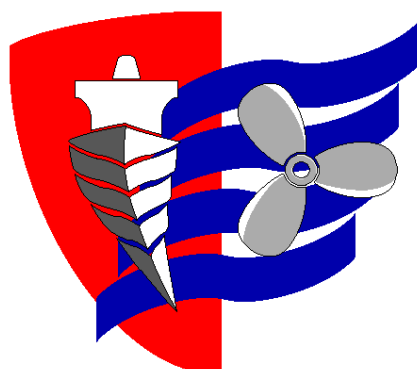
Una vez hallados los cálculos, se dan los resultados finales, donde se aclara que tipo de ventilador es usado para conducto de ventilación, en este caso se ha elegido la empresa SODECA, ventiladores helicoidales, para lograr la máxima eficiencia tanto en puerto como navegando.

Finalmente, se adjunta el plano correspondiente de cada conducto de la sala de máquinas para tener un diseño completo y se pueda efectuar la obra sin problema.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 45/135

Para acabar, el Proyecto debe estar explicado con todo detalle para que una vez que sea interpretado por cualquier persona sin necesidad de acudir al autor a aclarar ninguna duda.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**ANEXOS**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 47/135

## 2. ANEXOS

Para el correcto cálculo del flujo de aire necesario para la ventilación de la sala de máquinas se sigue la norma UNE EN ISO 8861:1999 y su erratum.

Se toma la temperatura ambiente de +35°C, humedad relativa del 70% y una presión de 101,3 kPa.

El incremento de la temperatura del aire desde la aspiración en la sala de máquinas hasta la entrada en el guardacalor no debe ser superior de 12,5 K.

El diseño del sistema de ventilación debe ser tal que proporcione unas condiciones óptimas de trabajo en la sala de máquinas y se evite el sobrecalentamiento en zonas propensas a las altas temperaturas, como en las áreas de gran emisión de calor.

Para realizar el cálculo del aire necesario para la ventilación en la sala de máquinas se estudiarán las condiciones normales de funcionamiento de la maquinaria.

### 2.1. CÁLCULOS

#### 2.1.1. FLUJO DE AIRE TOTAL

El flujo de aire total Q de la sala de máquinas se calcula siguiendo dos métodos y se escoge el del valor más alto.

$$I: Q = q_c + q_h$$

$$II: Q = 1,5 \times q_c$$

donde

$q_c$  cantidad de flujo de aire para la combustión

$q_h$  cantidad de flujo de aire para evacuación de emisión de calor

#### 2.1.2. FLUJO DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b \text{ [m}^3\text{/s]}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 48/135

$q_{dp}$  Flujo de aire para la combustión de los motores principales diésel. Se calcula en  $m^3 s^{-1}$ .

$$q_{dp} = \frac{P_{dp} * m_{ad}}{\rho}$$

donde

$P_{dp}$  Potencia normalizada de servicio de los motores principales de propulsión diésel a la máxima potencia de salida continua. Se mide en kilowatios [kW].

$P_{dp} = 4.500 \text{ kW}$ , dos motores principales.

$m_{ad}$  Masa de aire necesaria para la combustión del motor diésel. Se mide en  $kg kW^{-1} s^{-1}$ .

Para motores de 4 tiempos:  $m_{ad} = 0,0020 \text{ kg kW}^{-1} s^{-1}$

$\rho$  Densidad del aire a  $+35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa del 70% y una presión de 101,3 kPa.

$$\rho = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

Flujo de aire para la combustión de un motor principal:

$$q_{dp} = \frac{4.500 * 0,0020}{1,13} = 7,9646 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debido a que hay dos motores principales, la potencia total:

$$P_{dp} = 2 * 4.500 = 9.000 \text{ kW}$$

Entonces, el flujo de aire total para la combustión:

$$q_{dp} = \frac{9.000 * 0,0020}{1,13} = 15,929 \text{ m}^3/\text{s} = 57.345,133 \text{ m}^3/\text{h}$$

$q_{dg}$  Flujo de aire para la combustión de los motores diésel de los generadores. Se calcula en  $m^3 s^{-1}$ .

$$q_{dg} = \frac{P_{dg} * m_{ad}}{\rho}$$

donde



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 49/135

$P_{dg}$  Potencia normalizada de servicio de los motores diésel de los generadores. Se mide en kilowatios [kW].

$$P_{dg} = 595 \text{ kW}$$

$m_{ad}$  Masa de aire necesaria para la combustión del motor diésel. Se mide en  $\text{kg kW}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

$$\text{Para motores de 4 tiempos: } m_{ad} = 0,0020 \text{ kg kW}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$\rho$  Densidad del aire a  $+35^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa del 70% y una presión de 101,3 kPa.

$$\rho = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

Flujo de aire para la combustión de un motor diésel de los generadores:

$$q_{dg} = \frac{595 \cdot 0,0020}{1,13} = 1,0531 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debido a que hay tres motores diésel generadores, la potencia:

$$P_{dg} = 3 \cdot 595 = 1.785 \text{ kW}$$

Entonces, el flujo de aire total para la combustión de los motores diésel generadores:

$$q_{dg} = \frac{1.785 \cdot 0,0020}{1,13} = 3,1593 \text{ m}^3/\text{s} = 11.373,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$q_b$  Flujo de aire para la combustión de la caldera. Se calcula en  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Dependiendo de los datos a conocer acerca de la capacidad de la caldera, el flujo de aire necesario se puede calcular de dos formas diferentes:

En el caso de que se conozca la capacidad de vapor total de la caldera:

$$q_b = \frac{m_s \cdot m_{fs} \cdot m_{af}}{\rho}$$

En el caso de que se conozca la capacidad de una caldera o de un calentador de fluido térmico en kilowatios:

$$q_b = \frac{Q \cdot m_{fs} \cdot m_{af}}{\rho}$$

donde

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 50/135

$m_s$  Capacidad de vapor total de la caldera, máximo rendimiento.  
Se mide en  $\text{kg s}^{-1}$ .

$$m_s = 1.000 \text{ kg/h} = 0,2778 \text{ kg/s}$$

$Q$  Máximo régimen continuo de la caldera. Se mide en kilowatios.

$m_{fs}$  Consumo de combustible. Se mide en  $\text{kg}_{\text{combustible}}/\text{kg}_{\text{vapor}}$  o  $\text{kg}_{\text{combustible}}/(\text{s} \cdot \text{kW}_{\text{capacidad térmica}})$

Cuando no haya datos específicos disponibles, se utilizan diferentes datos dependiendo de si se conoce la capacidad de vapor o la capacidad térmica,  $m_{fs} = 0,077 \text{ kg s}^{-1} \text{ kW}^{-1}$  o  $m_{fs} = 0,11 \text{ kg s}^{-1} \text{ kW}^{-1}$ , respectivamente.

Debido a que se conoce la capacidad de vapor total de la caldera, se usará como dato:  $m_{fs} = 0,077 \text{ kg s}^{-1} \text{ kW}^{-1}$

$m_{af}$  Aire necesario para la combustión. Se mide en  $\text{kg}_{\text{aire}}/\text{kg}_{\text{combustible}}$ .

Cuando no haya datos específicos se usa  $m_{af} = 15,7 \text{ kg}_{\text{aire}}/\text{kg}_{\text{combustible}}$  tanto si se conoce la capacidad de vapor como la capacidad térmica de la caldera.

En este caso, se conoce el dato de la capacidad de vapor total de la caldera, por lo tanto, se utilizará la siguiente fórmula para calcular el flujo de aire para la combustión de ésta:

$$q_b = \frac{0,2778 * 0,077 * 15,7}{1,13} = 0,2971 \text{ m}^3/\text{s} = 1.069,823 \text{ m}^3/\text{h}$$

Flujo de aire para la combustión:

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b = 15,929 + 3,1593 + 0,2971 = 19,3855 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_c = 69.787,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 2.1.3. FLUJO DE AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE EMISIÓN DE CALOR

$$q_h = \frac{\phi_{dp} + \phi_{dg} + \phi_b + \phi_p + \phi_g + \phi_{el} + \phi_{ep} + \phi_t + \phi_o}{\rho * c * \Delta T} - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 51/135

donde

- $\emptyset_{dp}$  Emisión de calor del motor diésel de propulsión principal.
- $\emptyset_{dg}$  Emisión de calor del motor diésel del generador.
- $\emptyset_b$  Emisión de calor de las calderas.
- $\emptyset_p$  Emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación.
- $\emptyset_g$  Emisión de calor de los generadores eléctricos refrigerador por aire.
- $\emptyset_{el}$  Emisión de calor de las instalaciones térmicas.
- $\emptyset_{ep}$  Emisión de calor de las tuberías de escape, incluidas las calderas alimentadas por llama de gas.
- $\emptyset_t$  Emisión de calor de los tanques de calefacción.
- $\emptyset_o$  Emisión de calor del resto de componentes de la instalación.

Todos estos datos de emisión de calor se miden en kilowatios [kW].

- $q_{dp}$  Flujo de aire para la combustión del motor diésel de propulsión principal. Se mide en  $m^3 s^{-1}$ .
- $q_{dg}$  Flujo de aire para la combustión del motor diésel del generador. Se mide en  $m^3 s^{-1}$ .
- $q_b$  Flujo de aire para la combustión de la caldera. Se mide en  $m^3 s^{-1}$ .
- $\rho$  Densidad del aire a 35°C, humedad relativa del 70% y una presión de 101,3 kPa.

$$\rho = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

- $c$  Calor específico del aire.

$$c = 1,01 \text{ kJ/ (kg*K)}$$

- $\Delta T$  Diferencia de temperatura entre la entrada y la salida medida en condiciones de diseño, es decir, el aumento de la temperatura del aire en la sala de máquinas.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 52/135

$$\Delta T = 12,5 \text{ K}$$

El factor 0,4 se apoya en las distribuciones habituales de la sala de máquinas. En caso de ser distribuciones especiales, se considera el valor del factor.

## 2.1.4. EMISIÓN DE CALOR

### 2.1.4.1. EMISIÓN DEL CALOR DE LOS MOTORES PRINCIPALES DE PROPULSIÓN DIESEL

$$\dot{Q}_{dp} = P_{dp} \times \frac{\Delta h_d}{100} [\text{kW}]$$

donde

$P_{dp}$  Potencia normalizada en servicio de los motores principales diésel de propulsión al máximo régimen continuo. Se mide en kilowatios.

$P_{dp} = 4.500 \text{ kW}$ , potencia de cada motor diésel principal.

$\Delta h_d$  Porcentaje de pérdida de calor de los motores diésel.

Se tiene como dato  $P_{dp} = 4.500 \text{ kW}$ , potencia total que desarrolla cada motor diésel principal y se desconoce el porcentaje de pérdida de calor de los motores diésel. Según la norma, con la potencia total se entra en la gráfica 2.1 y se obtiene el dato de la emisión de calor de los motores principales. Además, hay otra forma utilizando la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{dp} = 0,396 * P_{dp}^{0,7}$$

Tomando datos de la gráfica se obtiene aproximadamente una emisión de calor del motor principal de 140 kW.

Para llegar a valores más exactos de la emisión de calor de un motor principal, se hará uso de la ecuación:

$$\dot{Q}_{dp} = 0,396 * P_{dp}^{0,7} = 0,396 * 4.500^{0,7} = 142,871 \text{ kW}$$

Debido a que hay dos motores principales, la emisión de calor total de los motores principales será:

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 53/135

$$\dot{Q}_{dp} = 2 \cdot 142,871 = 285,742 \text{ kW}$$

#### 2.1.4.2. EMISIÓN DE CALOR DE LOS MOTORES DIESEL DE LOS GENERADORES

$$\dot{Q}_{dg} = P_{dg} \times \frac{\Delta h_d}{100} [\text{kW}]$$

donde

$P_{dg}$  Potencia normalizada en servicio de los motores diésel de los generadores al máximo régimen continuo. Se mide en kilowatios.

$P_{dg} = 595 \text{ kW}$ , potencia de cada motor diésel de los generadores.

$\Delta h_d$  Porcentaje de pérdida de calor de los motores diésel.

El procedimiento a seguir para calcular la emisión de calor de los motores diésel de los generadores, es el mismo que en el apartado anterior.

$$\dot{Q}_{dg} = 0,396 \cdot P_{dg}^{0,7}$$

Tomando datos de la gráfica se obtiene aproximadamente una emisión de calor del motor principal de 35 kW.

Para llegar a valores más exactos de la emisión de calor de un motor principal, se hará uso de la ecuación:

$$\dot{Q}_{dg} = 0,396 \cdot P_{dg}^{0,7} = 0,396 \cdot 595^{0,7} = 34,6623 \text{ kW}$$

Debido a que hay tres motores diésel de los generadores, la emisión total de calor será:

$$\dot{Q}_{dg} = 3 \cdot 34,6623 = 103,987 \text{ kW}$$

Cuando no haya datos específicos disponibles tanto para calcular la emisión de calor de los motores principales de propulsión diésel como la de los motores diésel de los generadores, se utilizará  $\dot{Q}_{dp}$  o  $\dot{Q}_{dg}$  en la siguiente gráfica:

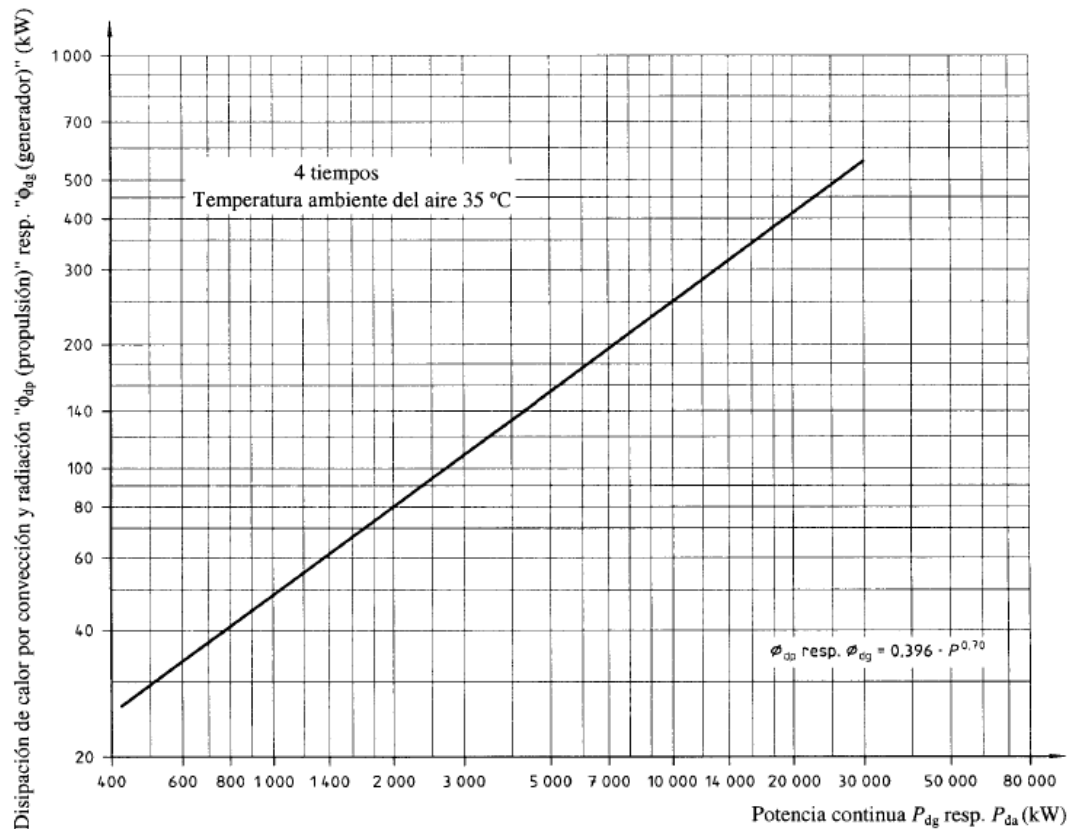


Figura 1 Gráfica para calcular la emisión de calor.

Fuente: Norma UNE-EN ISO 8861:1999

#### 2.1.4.3. EMISIÓN DE CALOR DE LAS CALDERAS

Dependiendo de los datos a conocer acerca de la capacidad de la caldera, la emisión de calor de la caldera de mechero se puede calcular en kilowatios de dos formas diferentes:

En el caso de que se conozca la capacidad de vapor total de la caldera:

$$\phi_b = m_s * m_{fs} * h * \frac{\Delta h_b}{100} * B_1$$

En el caso de que se conozca la capacidad de una caldera:

$$\phi_b = Q * B_1 * \frac{\Delta h_b}{100}$$

donde

$m_s$  Capacidad de vapor total. Se mide en  $\text{kg s}^{-1}$ .

$m_{fs}$  Consumo de combustible. Se mide en  $\text{kg}_{\text{combustible}}/\text{kg}_{\text{vapor}}$ .

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 55/135

Cuando no haya datos de referencia, se utilizará:

$$m_{fs} = 0,077 \text{ kg}_{\text{combustible}}/\text{kg}_{\text{vapor}}$$

h Valor calorífico más bajo del combustible. Se mide en kJ/kg.

Cuando no haya datos de referencia, se utilizará:

$$h = 40,200 \text{ kJ/kg}$$

B<sub>1</sub> Constante que se le aplica a la ubicación de la caldera y el resto de intercambiadores de calor de la sala de máquinas.

$$B_1 = 0,1$$

Q Máximo rendimiento continuo del calentador de fluido térmico o de la caldera. Se mide en kilowatios.

$\Delta h_b$  Porcentaje de la pérdida de calor al máximo rendimiento.

continuo de la caldera o del calentador del fluido térmico.

Cuando no haya datos específicos disponibles, se utilizará el siguiente gráfico para el cálculo:

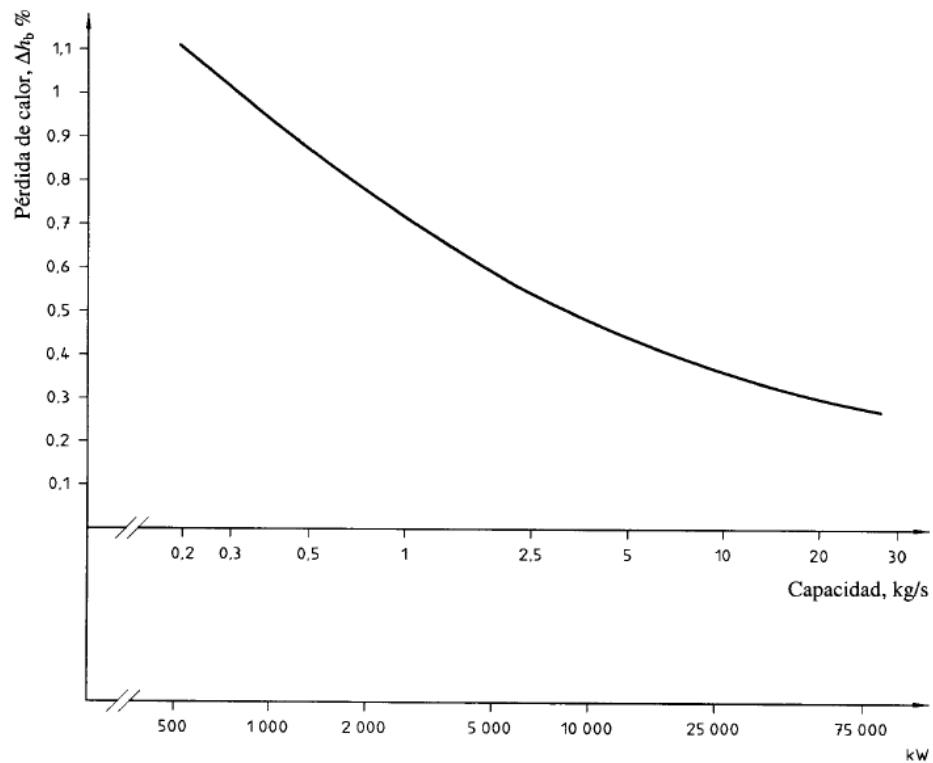


Figura 2 Gráfica para calcular el porcentaje de pérdida de calor al máximo rendimiento.

Fuente: Norma UNE-EN ISO 8861:1999

En este caso se cuenta con una caldera y se conoce la capacidad de vapor total de la caldera:

$$m_s = 1.000 \text{ kg/h} = 0,2778 \text{ kg/s}$$

El porcentaje de pérdida de calor al máximo rendimiento, se calcula con la gráfica 2.2.

$$\Delta h_b = 1\%$$

Se utilizará la siguiente ecuación:

$$\phi_b = m_s * m_{fs} * h * \frac{\Delta h_b}{100} * B_1 = 0,2778 * 0,077 * 40,200 * \frac{1}{100} * 0,1 = 0,00086 \text{ kW}$$

#### 2.1.4.4. EMISIÓN DE CALOR DE LAS TUBERÍAS DE VAPOR Y CONDENSACIÓN

$$\phi_p = m_{sc} * \frac{\Delta h_p}{100} [\text{kW}]$$

donde



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 57/135

$m_{sc}$  Consumo total de vapor. Se mide en kilowatios.

$$1 \text{ KW} \approx 1,6 \text{ kg/h}_{\text{vapor}}$$

$$m_{sc} = 1.700 \text{ kg/h}_{\text{vapor}} = 1.062,5 \text{ kW}$$

$\Delta h_p$  Porcentaje de pérdida de calor de las tuberías de vapor y condensación.

Cuando no haya datos de referencia, se utilizará:

$$\Delta h_p = 0,2\%$$

Emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación:

$$\phi_p = m_{sc} * \frac{\Delta h_p}{100} = 1.062,5 * \frac{0,2}{100} = 2,125 \text{ kW}$$

#### 2.1.4.5. EMISIÓN DEL CALOR DEL GENERADOR ELÉCTRICO

$$\phi_g = P_g * (1 - \frac{\eta}{100})$$

donde

$P_g$  Potencia de los generadores instalados refrigerador por aire. Se mide en kilowatios.

$$P_g = 550 \text{ kW}$$

$\eta$  Porcentaje del rendimiento del generador.

Cuando no haya datos específicos, se utilizará:  $\eta = 94\%$

La emisión de calor de cada generador eléctrico:

$$\phi_g = P_g * (1 - \frac{\eta}{100}) = 550 * (1 - \frac{94}{100}) = 33 \text{ kW}$$

Debido a que se tienen tres generadores eléctricos, la emisión de calor total emitida por ellos:

$$\phi_g = 3 * 33 = 99 \text{ kW}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 58/135

#### 2.1.4.6. EMISIÓN DE CALOR DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

La emisión de calor de las instalaciones eléctricas,  $\dot{Q}_{el}$ , debe calcularse de acuerdo con los siguientes métodos:

- 1) Sabiendo todos los detalles de las instalaciones eléctricas, la emisión de calor será la suma de la emisión simultánea de calor.**
- 2) En los barcos convencionales (no se saben todos los detalles de las instalaciones eléctricas), la emisión de calor se toma como el 20% de la potencia de régimen del equipo eléctrico.**

En la cámara de máquinas se realizará un balance eléctrico de los equipos eléctricos en las condiciones normales de funcionamiento en la mar. Las situaciones en puerto de omiten, de acuerdo con la norma.

El coeficiente para los equipos de funcionamiento continuo será 1, para los equipos de régimen periódico 0,5 y para los eventuales 0,2.

La emisión de las instalaciones eléctricas se mide en kilowatios.

- 1 Bomba de Trasiego F.O.: 7,39 kW

$$K = 0,1 \rightarrow 0,739 \text{ kW}$$

- 1 Bomba de Trasiego D.O.: 7,39 kW

$$K = 0,05 \rightarrow 0,3695 \text{ kW}$$

- 1 Bomba de Lodos: 1,28 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 2 Bombas Trasiego Aceite: 0,87 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 2 Bombas Reserva Aceite Motores Principales: 14,76 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 1 Hidroforo Agua Destilada: 0,917 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 2 Bombas A.D. Refrigeración Equipo Auxiliar: 3,63 kW

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 59/135

$$K = 1 \rightarrow 3,63 \text{ kW}$$

- 2 Enfriadores A.D. Equipos Auxiliares: 1.700 kW

$$K = 1 \rightarrow 1.700 \text{ kW}$$

- 3 Enfriadores Centrales Motores Principales: 270 kW

$$K = 1 \rightarrow 270 \text{ kW}$$

- 3 Bombas de Sentinas: 5,8 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 1 Hidroforo A.D. Sanitaria: 8,76 kW

$$K = 0,5 \rightarrow 8,76 * 0,5 = 4,38 \text{ kW}$$

- 2 Bombas Rociadores Garajes: 36,1 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 1 Equipo Presión C.I.: 2,35 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 2 Bombas Baldeo y C.I.: 19,1 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

- 2 Bombas de Lastre: 13,4 kW

$$K = 0 \rightarrow 0 \text{ kW}$$

La potencia consumida en navegación = 1.979,1185 kW

$$\phi_{el} = 1.979,1185 * 0,2 = 395,8237 \text{ kW}$$

#### 2.1.4.7. EMISIÓN DE CALOR DE LAS TUBERÍAS DE ESCAPE Y DE LAS CALDERAS DE DESCARGA ALIMENTADAS CON LLAMA DE GAS.

No se tendrán en cuenta las tuberías de gas de escape y las calderas de descarga alimentadas por llama de gas situadas en el guardacalor y en la chimenea.

La emisión de calor de las tuberías de la caldera de escape puede determinarse a partir de la gráfica 2.2, en kW/m<sub>tubería</sub>.

En el caso de que no haya datos suficientes para hallarlo, se puede utilizar para motores de cuatro tiempos  $\Delta t = 320 \text{ K}$ .

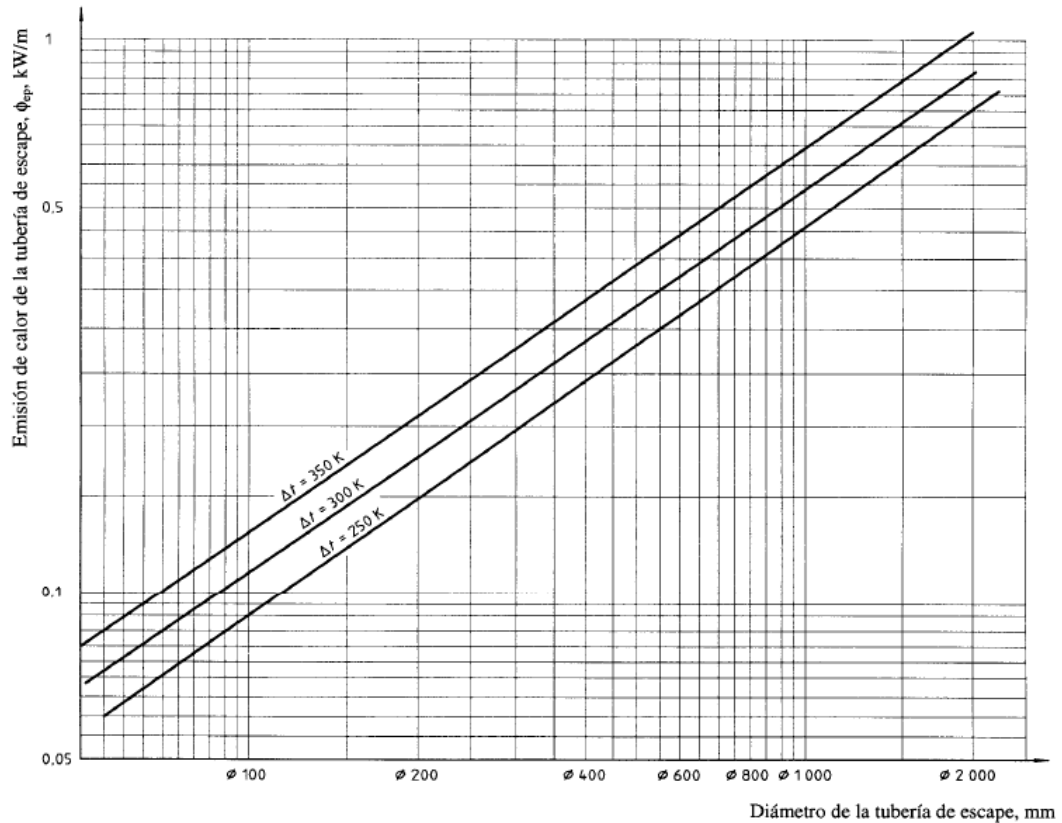


Figura 2 Gráfica para calcular la emisión de calor de las tuberías de escape.

Fuente: Norma UNE-EN ISO 8861:1999

En este caso, la tubería de escape tiene un espesor de 5,2 mm, por lo que no se puede obtener con exactitud la emisión de calor. Por tanto, se calcula del mismo modo que en el apartado 2.1.4.3 con la siguiente fórmula:

$$\phi_{ep} = m_s * m_{fs} * h * \frac{\Delta h_b}{100} * B_1$$

Se conoce la capacidad de vapor total de la caldera de escape:

$$m_s = 750 \text{ kg/h} = 0,20834 \text{ kg/s}$$

El porcentaje de pérdida de calor al máximo rendimiento, se calcula con la gráfica 2.2.

$$\Delta h_b = 1,1 \%$$

En caso de que las calderas de descarga de gas esté situada directamente debajo de uno guardacalor descubierto, entonces:

$$B_1 = 0,1$$

Emisión de calor de las tuberías de escape:

$$\phi_{ep} = m_s * m_{fs} * h * \frac{\Delta h_b}{100} * B_1 = 0,20834 * 0,077 * 40,2 * \frac{1,1}{100} * 0,1 = 0,00071 \text{ kW}$$

Debido a que hay dos calderas de escape:

$$\phi_{ep} = 0,00071 * 2 = 0,00142 \text{ kW}$$

#### 2.1.4.8. EMISIÓN DE CALOR DE LOS TANQUES DE CALEFACCIÓN

La emisión de calor de los tanques de calefacción,  $\phi_t$  medida en kilowatios, es el resultado de la suma de las superficies de los tanques de calefacción que se encuentran junto a la sala de máquinas. Es preciso utilizar los datos de la tabla 1.

Tabla 1. Emisión de calor de los tanques de calefacción.

Fuente: Norma UNE-EN ISO 8861:1999

Superficie del tanque	Emisión de calor, $\phi_t$ , en kW/m <sup>2</sup> , a una temperatura del tanque de				
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
No aislado	0,14	0,234	0,328	0,42	0,515
Con 30 mm de aislamiento	0,02	0,035	0,05	0,06	0,08
Con 50mm de aislamiento	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

Los tanques de este ferry que se encuentran junto a la sala de máquinas son los siguientes: tanque de fuel oil, de sedimentación y de servicio diario, de estos últimos se tienen dos, uno a estribor y otro a babor.

El tanque de uso diario tiene que tener más temperatura que el de sedimentación. Sedimentación pon 80°C y uso diario 90°C.

Tanque F.O. sedimentación: 1,456543 m<sup>3</sup> a 90°C

Tanque F.O. servicio diario babor: 0,7076322 m<sup>3</sup> a 80°C

Tanque F.O. servicio diaria estribor: 0,7076322 m<sup>3</sup> a 80°C

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 62/135

Se considera la peor situación de todas, es decir, en el caso de que los tanques no se encuentren aislados, entonces:

$$1,45 \cdot 0,42 = 0,61175 \text{ kW}$$

$$0,71 \cdot 0,328 = 0,2321 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_t = 0,61175 + 2 \cdot 0,2321 = 1,076 \text{ kW}$$

Flujo de aire para evacuación de emisión de calor:

$$q_h = \frac{\dot{Q}_{dp} + \dot{Q}_{dg} + \dot{Q}_b + \dot{Q}_p + \dot{Q}_g + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_{ep} + \dot{Q}_t + \dot{Q}_o}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b =$$

$$= \frac{285,742 + 103,987 + 0,00086 + 2,125 + 99 + 395,8237 + 0,00142 + 1,076}{1,13 \cdot 1,01 \cdot 12,5} - 0,4(15,929 + 3,1593) - 0,2971$$

$$q_h = 54,292 \text{ m}^3/\text{s} = 195.451,0423 \text{ m}^3/\text{h}$$

Una vez realizados todos los cálculos, se calcula el flujo de aire total de la sala de máquinas, siguiendo dos procedimientos:

$$\text{I: } Q = q_c + q_h$$

$$q_c = 69.787,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_h = 195.451,0423 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 69.787,7 + 195.451,0423 = 265.238,7423 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{II: } Q = 1,5 \cdot q_c$$

$$q_c = 69.787,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 1,5 \cdot 69.787,7 = 104.681,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal mayor calculado es el primero, por tanto se escogerá ese caudal:

$$Q = 265.238,7423 \text{ m}^3/\text{h} \approx 266.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con este dato se calcularán los ventiladores necesarios y el caudal que debe circular por cada uno de ellos para una correcta ventilación de la sala de máquinas. Se va a disponer de cinco ventiladores: uno estará en el local de maquinaria auxiliar a proa, otro para la ventilación de los motores auxiliares,

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 63/135

otros dos para la ventilación de la maquinaria de los motores principales, otro para la ventilación de las depuradoras y un último ventilador para la ventilación local de los estabilizadores y bombas de rociadores.

## 2.2. CÁLCULO DE EXTRACCIÓN DE AIRE

La extracción del aire consiste en evacuar al exterior todo el aire contaminado procedente del interior de la sala máquinas provocado por todos los equipos que están en funcionamiento. Este aire puede evacuarse de manera natural, llamado *ventilación natural*, pero debido a las características del local, su uso y los equipos que se encuentran en su interior, puede ocurrir que no se produzca una evacuación adecuada. Entonces, se recurre a otro método, denominado *método mecánico*, el cual es el que se llevará a cabo en nuestra instalación. Consiste en instalar en las rejillas de evacuación unos ventiladores (extractores), siendo capaces de realizar las suficientes renovaciones por hora estimadas para este tipo de sala, es decir, extraer el aire del interior del local hacia el exterior.

El caudal necesario a extraer se obtiene de la siguiente forma:

$$Q = V_{\text{local}} * \text{Renovaciones requeridas [m}^3/\text{s]}$$

### 2.2.1. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AIRE A EXTRAER DE LA SALA DE MÁQUINAS

Volumen de la Sala de Máquinas:

$$V = A * h \text{ [m}^3\text{]}$$

A Área de la Sala de Máquinas: 612 m<sup>2</sup>

h Altura de la Sala de Máquinas: 2,74 m

$$V = 1.676,55 \text{ m}^3$$

Renovaciones requeridas:

Para una temperatura de 35°C el número de renovaciones requeridas serán 20 por hora y a 50°C serán 30.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 64/135

En este caso, se calculará para una temperatura de 35°C, dado que la sala de máquinas se encontrará aproximadamente a esa temperatura.

20 renovaciones requeridas/hora

Caudal de aire a extraer de la sala de máquinas:

$$Q = 1.676,55 \cdot 20 = 33.537,66 \text{ m}^3/\text{h} \approx 34.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se necesitará al menos un ventilador que se capaz de extraer 34.000 m³/h, se utilizará extracción natural. En caso de emergencia se utilizará uno de los ventiladores principales reversible.

A continuación, se diseña el caudal que debe circular por cada ventilador para una correcta ventilación de la sala de máquinas. El ventilador de la maquinaria auxiliar a proa, 7.000 m³/h, el de los motores auxiliares, 32.000 m³/h, los dos ventiladores de los motores principales, 55.000 m³/h cada uno, el de las depuradoras, 20.000 m³/h y, por último, el de los estabilizadores y bombas de rociadores, 10.000 m³/h.

### 2.3. CÁLCULO DE CONDUCTOS

En el proyecto de cualquier sistema de conductos debe ser lo más sencillo posible. Los elementos de impulsión se sitúan en zonas estratégicas para proporcionar una correcta distribución del aire.

Para conductos de impulsión, retorno y extracción de aire se recomienda el método de la pérdida de carga constante. Consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema.

El procedimiento más corriente consiste en elegir la velocidad del inicial en el conducto principal próximo al ventilador. Esta velocidad se deduce de la tabla 2, en la que el factor de control del nivel de ruido determina dicha velocidad. Una vez este dato, junto con el del caudal de aire calculado anteriormente, se entra en la *gráfica de pérdida por rozamiento* (figura 13) y se determina la pérdida de carga por unidad de longitud, la cual debe permanecer constante



a lo largo del sistema, y también se determina el diámetro del conducto circular equivalente.

Tabla 2 Velocidades máximas recomendadas para sistemas de baja velocidad [m/s].

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL-ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	2	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios de hotel Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos de directores Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios de categoría media Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

Se toma velocidad de impulsión de 12,5 m/s, según la tabla anterior, y con un caudal de 55.000 m<sup>3</sup>/h, se entra en la *gráfica de pérdida por rozamiento* (figura 13) para calcular la pérdida por rozamiento del conducto redondo. (Q = 15,278 m<sup>3</sup>/s).

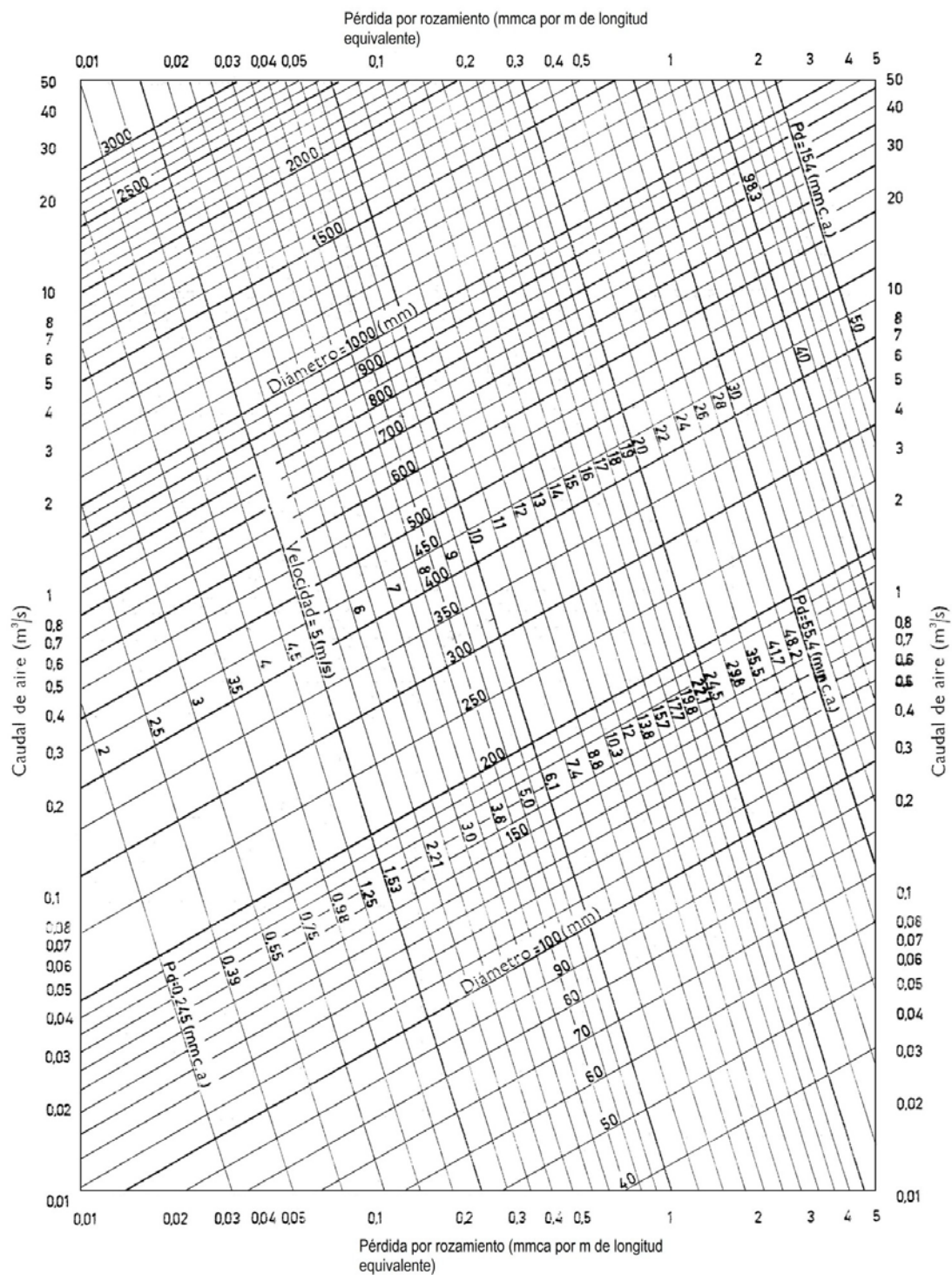


Figura 3. Gráfica de pérdida por rozamiento en conducto redondo.

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

Se obtiene, pérdida por rozamiento:  $R = 0,18 \text{ mm c.a./m longitud equivalente}$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 67/135

Como consecuencia, también se puede estimar el valor del diámetro equivalente que ronda los 1.250 mm, no obstante, se procede a calcular de forma más precisa:

$$A = \frac{Q}{v \cdot 3.600} = \frac{55000}{12,5 \cdot 3.600} = 1,223 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,223}{\pi}} = 0,624 \text{ m}$$

$$\varnothing_{eq} = 1.248 \text{ mm}$$

Una vez calculado el diámetro equivalente, es necesario calcular las dimensiones que tendrá nuestro conducto de sección cuadrada de acuerdo con la tabla de *dimensiones de conductos* (tabla 2).

Tabla 2. Dimensiones de conductos. Área de la sección, diámetro equivalente y tipo de conducto.\*

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	150		200		250		300		350		400		450		500		550	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
250	0,036	213	0,048	249	0,06	287												
300	0,042	231	0,057	272	0,071	302	0,087	333										
350	0,048	249	0,067	292	0,084	328	0,103	361	0,119	389								
400	0,055	264	0,075	308	0,094	348	0,115	384	0,134	414	0,154	445						
450	0,061	280	0,084	328	0,106	368	0,129	407	0,151	439	0,173	470	0,196	501				
500	0,067	292	0,092	343	0,117	384	0,142	427	0,168	460	0,192	496	0,216	526	0,242	556		
550	0,072	305	0,10	358	0,128	404	0,156	447	0,184	485	0,21	518	0,238	551	0,264	582	0,292	612
600	0,078	315	0,107	371	0,139	422	0,169	465	0,198	503	0,229	541	0,257	574	0,288	607	0,316	639
650	0,082	326	0,116	384	0,149	435	0,182	483	0,214	524	0,246	561	0,278	597	0,31	630	0,341	664
700	0,088	335	0,123	396	0,158	450	0,193	498	0,229	541	0,265	582	0,301	620	0,333	655	0,368	689
750	0,093	346	0,13	409	0,168	465	0,205	514	0,244	559	0,283	602	0,32	640	0,36	677	0,392	711
800	0,099	358	0,137	419	0,179	478	0,218	529	0,26	576	0,301	620	0,341	661	0,381	698	0,418	734
850	0,106	366	0,146	432	0,188	490	0,23	544	0,274	592	0,318	637	0,36	678	0,404	719	0,443	756
900	0,109	374	0,153	442	0,198	504	0,242	556	0,288	607	0,336	656	0,378	696	0,424	736	0,467	775
950	0,113	381	0,16	452	0,208	516	0,255	572	0,303	622	0,352	671	0,398	714	0,448	757	0,494	798
1.000	0,118	389	0,167	463	0,216	526	0,267	585	0,318	637	0,368	686	0,418	732	0,469	775	0,517	816
1.050	0,123	396	0,172	470	0,225	536	0,276	595	0,33	650	0,384	701	0,436	747	0,492	793	0,54	834
1.100	0,128	404	0,18	480	0,233	546	0,288	607	0,343	662	0,401	716	0,453	762	0,513	810	0,563	852
1.150	0,132	412	0,186	488	0,242	556	0,298	618	0,359	678	0,416	729	0,472	777	0,534	825	0,586	869
1.200	0,137	419	0,193	498	0,25	567	0,31	630	0,373	691	0,43	742	0,491	793	0,553	841	0,611	887
1.250			0,196	506	0,26	577	0,32	641	0,384	701	0,448	757	0,51	808	0,573	856	0,633	903
1.300			0,205	514	0,27	587	0,33	651	0,398	714	0,463	770	0,53	824	0,594	871	0,656	915
1.350			0,212	521	0,276	595	0,343	664	0,41	724	0,478	782	0,546	836	0,614	896	0,679	935
1.400			0,218	531	0,286	605	0,354	674	0,422	734	0,492	793	0,563	849	0,636	902	0,702	951
1.450			0,225	536	0,296	615	0,365	684	0,434	744	0,507	806	0,58	862	0,654	915	0,724	965
1.500			0,237	544	0,303	622	0,376	694	0,448	756	0,523	819	0,602	876	0,673	927	0,747	983
1.600			0,244	559	0,32	640	0,392	709	0,472	778	0,548	841	0,636	902	0,714	956	0,79	1.008
1.700			0,336	656	0,415	729	0,497	798	0,58	862	0,665	923	0,752	981	0,831	1.034		
1.800			0,355	674	0,436	746	0,527	820	0,61	885	0,697	946	0,786	1.004	0,876	1.063		
1.900			0,38	696	0,454	762	0,543	834	0,632	900	0,735	971	0,824	1.029	0,923	1.088		
2.000			0,384	701	0,478	782	0,57	854	0,67	925	0,766	991	0,853	1.052	0,961	1.113		
2.100					0,502	800	0,594	876	0,698	946	0,792	1.008	0,9	1.075	0,998	1.133		
2.200					0,517	813	0,615	887	0,73	966	0,827	1.030	0,934	1.095	1,035	1.152		
2.300					0,535	828	0,64	905	0,753	982	0,868	1.055	0,962	1.113	1,081	1.177		
2.400					0,546	839	0,65	920	0,778	996	0,898	1.070	0,999	1.130	1,118	1.200		
2.500							0,685	937	0,787	1.020	0,907	1.080	1,045	1.155	1,138	1.210		
2.600							0,704	951	0,824	1.030	0,94	1.105	1,072	1.172	1,202	1.240		
2.700							0,731	966	0,852	1.045	0,952	1.119	1,11	1.194	1,238	1.261		
2.800							0,75	981	0,88	1.063	1,005	1.135	1,138	1.205	1,275	1.278		
2.900									0,908	1.078	1,040	1.158	1,165	1.222	1,32	1.303		
3.000									0,925	1.090	1,065	1.168	1,21	1.248	1,33	1.308		
3.100									0,94	1.105	1,1	1.185	1,238	1.260	1,387	1.331		
3.200									0,953	1.120	1,12	1.197	1,277	1.279	1,432	1.353		
3.300											1,156	1.216	1,302	1.292	1,46	1.368		
3.400											1,185	1.231	1,334	1.310	1,498	1.380		
3.500											1,22	1.241	1,352	1.321	1,525	1.397		
3.600											1,23	1.252	1,397	1.344	1,551	1.414		

\* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 69/135

Tabla 2. Dimensiones de conductos. Área de la sección, diámetro equivalente y tipo de conducto.  
\*(Continuación).

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

MEDIDAS DEL CON- DUCTO (mm)	600		650		700		750		800		850		900		950		1.000	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
250																		
300																		
350																		
400																		
450																		
500																		
550																		
600	0,346	666																
650	0,373	692	0,407	722														
700	0,401	716	0,437	749	0,472	777												
750	0,433	745	0,468	775	0,502	803	0,543	834										
800	0,457	765	0,497	798	0,536	829	0,576	859	0,618	889								
850	0,485	788	0,527	823	0,568	854	0,61	884	0,654	914	0,697	944						
900	0,517	813	0,549	838	0,603	875	0,646	909	0,692	940	0,736	971	0,783	1.002				
950	0,542	834	0,591	869	0,636	903	0,679	934	0,728	966	0,775	996	0,822	1.028	0,873	1.057		
1.000	0,569	853	0,622	893	0,668	925	0,714	955	0,767	992	0,816	1.020	0,864	1.052	0,914	1.083	0,972	1.114
1.050	0,597	874	0,65	914	0,702	948	0,752	981	0,803	1.015	0,853	1.044	0,907	1.078	0,963	1.108	1,018	1.139
1.100	0,624	894	0,679	934	0,733	969	0,786	1.004	0,840	1.038	0,89	1.068	0,952	1.103	1,0	1.133	1,054	1.165
1.150	0,652	914	0,706	951	0,764	990	0,818	1.025	0,877	1.057	0,934	1.093	0,99	1.127	1,045	1.159	1,1	1.190
1.200	0,675	930	0,736	971	0,794	1.009	0,856	1.046	0,915	1.082	0,972	1.116	1,027	1.148	1,092	1.180	1,148	1.215
1.250	0,702	949	0,764	990	0,823	1.028	0,89	1.068	0,953	1.105	1,008	1.139	1,072	1.171	1,128	1.204	1,2	1.240
1.300	0,728	966	0,792	1.006	0,856	1.046	0,924	1.089	0,99	1.126	1,054	1.161	1,118	1.198	1,175	1.226	1,248	1.263
1.350	0,755	984	0,818	1.025	0,89	1.066	0,963	1.108	1,018	1.143	1,092	1.181	1,165	1.219	1,22	1.248	1,295	1.286
1.400	0,779	999	0,848	1.042	0,92	1.084	0,99	1.126	1,055	1.163	1,128	1.201	1,2	1.241	1,268	1.272	1,34	1.308
1.450	0,798	1.011	0,877	1.059	0,952	1.102	1,018	1.143	1,092	1.184	1,165	1.223	1,238	1.260	1,312	1.296	1,388	1.331
1.500	0,822	1.027	0,902	1.074	0,97	1.118	1,055	1.155	1,128	1.202	1,2	1.242	1,275	1.280	1,35	1.318	1,435	1.355
1.600	0,872	1.057	0,952	1.105	1,035	1.154	1,118	1.199	1,192	1.239	1,275	1.280	1,358	1.321	1,432	1.356	1,525	1.398
1.700	0,923	1.088	1,008	1.135	1,091	1.185	1,183	1.229	1,267	1.275	1,35	1.316	1,441	1.359	1,525	1.396	1,616	1.438
1.800	0,961	1.115	1,063	1.165	1,147	1.215	1,248	1.262	1,331	1.308	1,423	1.351	1,515	1.395	1,608	1.435	1,692	1.475
1.900	0,998	1.141	1,108	1.194	1,21	1.245	1,302	1.292	1,396	1.340	1,498	1.388	1,599	1.430	1,692	1.470	1,785	1.511
2.000	1,063	1.168	1,165	1.219	1,267	1.272	1,359	1.321	1,46	1.368	1,572	1.418	1,673	1.462	1,775	1.505	1,875	1.599
2.100	1,108	1.192	1,22	1.248	1,312	1.299	1,423	1.350	1,525	1.397	1,636	1.448	1,748	1.496	1,858	1.542	1,96	1.584
2.200	1,155	1.217	1,266	1.272	1,368	1.325	1,488	1.380	1,598	1.429	1,71	1.478	1,821	1.528	1,932	1.575	2,042	1.618
2.300	1,192	1.237	1,312	1.299	1,433	1.355	1,543	1.405	1,665	1.457	1,775	1.507	1,895	1.557	2,015	1.604	2,128	1.650
2.400	1,228	1.258	1,368	1.325	1,469	1.371	1,59	1.426	1,72	1.486	1,821	1.530	1,95	1.580	2,095	1.639	2,22	1.682
2.500	1,285	1.285	1,386	1.344	1,545	1.402	1,655	1.455	1,775	1.508	1,905	1.562	1,998	1.600	2,165	1.664	2,293	1.715
2.600	1,35	1.315	1,46	1.368	1,58	1.422	1,72	1.485	1,84	1.538	1,98	1.592	2,095	1.639	2,228	1.690	2,365	1.740
2.700	1,368	1.325	1,498	1.388	1,627	1.443	1,775	1.508	1,895	1.559	2,035	1.612	2,17	1.669	2,293	1.715	2,45	1.770
2.800	1,396	1.348	1,552	1.410	1,692	1.473	1,82	1.528	1,95	1.592	2,08	1.632	2,265	1.702	2,375	1.745	2,505	1.790
2.900	1,46	1.370	1,6	1.432	1,747	1.495	1,878	1.552	2,035	1.615	2,17	1.670	2,295	1.715	2,425	1.762	2,605	1.825
3.000	1,497	1.387	1,645	1.451	1,793	1.515	1,932	1.575	2,095	1.639	2,235	1.695	2,41	1.768	2,515	1.794	2,683	1.855
3.100	1,535	1.402	1,7	1.475	1,83	1.532	1,995	1.600	2,145	1.660	2,33	1.728	2,45	1.775	2,605	1.825	2,735	1.881
3.200	1,58	1.425	1,738	1.492	1,878	1.552	2,06	1.628	2,19	1.678	2,37	1.744	2,525	1.800	2,655	1.848	2,79	1.894
3.300	1,608	1.436	1,785	1.512	1,922	1.570	2,09	1.635	2,265	1.703	2,43	1.765	2,61	1.830	2,765	1.880	2,855	1.948
3.400	1,655	1.456	1,822	1.528	1,978	1.593	2,125	1.650	2,32	1.723	2,485	1.785	2,65	1.845	2,82	1.900	3,015	1.964
3.500	1,71	1.478	1,877	1.550	2,06	1.627	2,23	1.689	2,395	1.752	2,545	1.805	2,715	1.868	2,915	1.932	3,095	1.988
3.600	1,738	1.490	1,905	1.562	2,095	1.638	2,29	1.715	2,43	1.765	2,61	1.829	2,765	1.885	2,955	1.948	3,14	2.010

\* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

Tabla 2. Dimensiones de conductos. Área de la sección, diámetro equivalente y tipo de conducto.  
\*(Continuación).

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	1.050		1.100		1.150		1.200		1.250		1.300		1.350		1.400		1.450	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
1.050	1,065	1.165																
1.100	1,109	1.190	1,165	1.222														
1.150	1,155	1.215	1,21	1.248	1,276	1.278												
1.200	1,2	1.240	1,265	1.275	1,32	1.302	1,395	1.336										
1.250	1,248	1.265	1,322	1.300	1,378	1.327	1,452	1.361	1,505	1.389								
1.300	1,302	1.290	1,368	1.325	1,432	1.352	1,497	1.388	1,57	1.418	1,598	1.444						
1.350	1,349	1.316	1,42	1.350	1,486	1.378	1,55	1.413	1,625	1.443	1,69	1.469	1,773	1.508				
1.400	1,395	1.339	1,468	1.375	1,542	1.403	1,605	1.435	1,68	1.468	1,745	1.495	1,81	1.523	1,894	1.555		
1.450	1,45	1.363	1,525	1.398	1,588	1.426	1,66	1.460	1,735	1.495	1,81	1.523	1,885	1.555	1,948	1.582	2,03	1.612
1.500	1,495	1.388	1,57	1.418	1,645	1.451	1,718	1.485	1,8	1.519	1,875	1.550	1,948	1.579	2,014	1.608	2,075	1.634
1.600	1,597	1.432	1,67	1.467	1,755	1.489	1,828	1.531	1,912	1.565	1,995	1.595	2,07	1.630	2,145	1.658	2,028	1.698
1.700	1,69	1.473	1,782	1.511	1,855	1.545	1,95	1.578	2,025	1.609	2,115	1.646	2,195	1.679	2,28	1.709	2,355	1.735
1.800	1,792	1.515	1,875	1.552	1,975	1.591	2,05	1.621	2,135	1.655	2,235	1.692	2,315	1.723	2,41	1.756	2,505	1.790
1.900	1,885	1.555	1,975	1.592	2,07	1.629	2,16	1.668	2,265	1.702	2,355	1.738	2,44	1.769	2,54	1.802	2,67	1.850
2.000	1,975	1.592	2,07	1.630	2,17	1.668	2,27	1.708	2,374	1.745	2,475	1.782	2,595	1.825	2,66	1.848	2,78	1.885
2.100	2,07	1.629	2,17	1.670	2,28	1.708	2,385	1.748	2,485	1.785	2,595	1.825	2,69	1.858	2,79	1.892	2,91	1.932
2.200	2,15	1.660	2,26	1.702	2,375	1.745	2,485	1.785	2,595	1.825	2,715	1.863	2,825	1.900	2,93	1.938	3,02	1.970
2.300	2,245	1.698	2,365	1.740	2,475	1.702	2,595	1.825	2,705	1.862	2,815	1.900	2,95	1.944	3,055	1.978	3,155	2.010
2.400	2,33	1.727	2,47	1.778	2,55	1.805	2,715	1.865	2,79	1.892	2,935	1.940	3,065	1.980	3,13	2.002	3,295	2.050
2.500	2,405	1.755	2,505	1.790	2,675	1.850	2,79	1.891	2,915	1.935	3,02	1.968	3,12	1.998	3,28	2.050	3,38	2.085
2.600	2,505	1.790	2,625	1.832	2,715	1.878	2,873	1.916	3,02	1.968	3,145	2.008	3,305	2.055	3,425	2.095	3,555	2.135
2.700	2,59	1.821	2,725	1.870	2,83	1.900	2,985	1.955	3,075	1.982	3,26	2.045	3,38	2.085	3,555	2.132	3,675	2.172
2.800	2,695	1.859	2,79	1.892	2,95	1.942	3,06	1.982	3,225	2.030	3,48	2.085	3,51	2.120	3,675	2.170	3,775	2.195
2.900	2,775	1.885	2,955	1.945	3,02	1.968	3,145	2.008	3,315	2.050	3,505	2.120	3,68	2.170	3,79	2.200	3,92	2.240
3.000	2,835	1.905	3,02	1.968	3,105	1.992	3,31	2.055	3,455	2.105	3,635	2.155	3,775	2.200	3,87	2.225	4,025	2.270
3.100	2,91	1.930	3,105	1.993	3,175	2.027	3,37	2.075	3,555	2.135	3,755	2.188	3,835	2.215	4,0	2.265	4,12	2.295
3.200	2,97	1.952	3,14	2.005	3,345	2.070	3,465	2.110	3,62	2.144	3,825	2.210	3,965	2.250	4,12	2.295	4,33	2.350
3.300	3,065	1.980	3,22	2.030	3,405	2.090	3,58	2.140	3,755	2.190	3,935	2.248	4,075	2.285	4,24	2.332	4,43	2.385
3.400	3,14	2.008	3,285	2.050	3,51	2.120	3,665	2.165	3,85	2.220	4,05	2.275	4,14	2.305	4,375	2.370	4,58	2.425
3.500	3,26	2.045	3,415	2.090	3,58	2.145	3,74	2.190	3,915	2.235	4,14	2.305	4,29	2.345	4,49	2.395	4,64	2.443
3.600	3,305	2.060	3,49	2.115	3,695	2.175	3,82	2.210	4,07	2.285	4,22	2.325	4,42	2.375	4,58	2.425	4,76	2.470

\* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 71/135

Tabla 2. Dimensiones de conductos. Área de la sección, diámetro equivalente y tipo de conducto.  
\*(Continuación).

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999).

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	1.500		1.600		1.700		1.800		1.900		2.000		2.100		2.200		2.300	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
1.050																		
1.100																		
1.150																		
1.200																		
1.250																		
1.300																		
1.350																		
1.400																		
1.450																		
1.500	2,17	1.670																
1.600	2,31	1.720	2,47	1.780														
1.700	2,45	1.770	2,62	1.833	2,79	1.890												
1.800	2,59	1.823	2,76	1.883	2,94	1.941	3,12	2.005										
1.900	2,73	1.872	2,92	1.934	3,09	1.992	3,3	2.057	3,48	2.115								
2.000	2,87	1.913	3,07	1.985	3,25	2.043	3,46	2.105	3,66	2.165	3,85	2.222						
2.100	3,0	1.960	3,22	2.028	3,42	2.094	3,62	2.156	3,82	2.215	4,04	2.275	4,25	2.332				
2.200	3,14	2.008	3,35	2.073	3,57	2.138	3,83	2.207	4,02	2.265	4,22	2.325	4,43	2.385	4,67	2.445		
2.300	3,29	2.055	3,5	2.115	3,73	2.185	3,96	2.255	4,18	2.315	4,41	2.380	4,63	2.435	4,87	2.495	5,1	2.552
2.400	3,42	2.100	3,68	2.170	3,89	2.240	4,12	2.300	4,38	2.370	4,6	2.430	4,78	2.480	5,1	2.554	5,34	2.615
2.500	3,55	2.130	3,81	2.210	4,03	2.292	4,38	2.370	4,64	2.440	4,78	2.485	4,92	2.510	5,24	2.605	5,56	2.670
2.600	3,72	2.185	3,96	2.250	4,27	2.335	4,46	2.385	4,76	2.520	4,96	2.525	5,29	2.605	5,49	2.655	5,76	2.715
2.700	3,85	2.225	4,08	2.285	4,33	2.355	4,63	2.435	4,89	2.505	5,14	2.555	5,41	2.630	5,64	2.685	5,98	2.770
2.800	3,91	2.235	4,18	2.315	4,52	2.405	4,78	2.470	5,02	2.530	5,3	2.605	5,44	2.640	5,88	2.750	6,21	2.805
2.900	4,07	2.285	4,4	2.375	4,73	2.455	4,98	2.520	5,27	2.595	5,56	2.665	5,85	2.735	6,12	2.800	6,4	2.860
3.000	4,2	2.320	4,59	2.425	4,78	2.475	5,16	2.570	5,44	2.640	5,76	2.715	6,05	2.785	6,37	2.855	6,66	2.920
3.100	4,36	2.360	4,6	2.427	4,97	2.515	5,24	2.590	5,56	2.665	5,88	2.740	6,12	2.800	6,4	2.862	6,77	2.945
3.200	4,4	2.372	4,74	2.464	5,12	2.555	5,42	2.635	5,71	2.703	6,05	2.780	6,3	2.830	6,68	2.930	7,05	3.000
3.300	4,58	2.422	4,9	2.490	5,2	2.575	5,56	2.665	5,93	2.754	6,32	2.838	6,64	2.905	6,9	2.980	7,26	3.046
3.400	4,64	2.440	5,07	2.536	5,44	2.640	5,75	2.710	5,98	2.766	6,44	2.852	6,74	2.935	7,08	3.010	7,53	3.105
3.500	4,84	2.490	5,14	2.565	5,57	2.675	5,89	2.745	6,26	2.830	6,59	2.890	6,98	2.990	7,32	3.055	7,84	3.130
3.600	5,0	2.530	5,34	2.615	5,65	2.692	5,97	2.765	6,39	2.858	6,77	2.928	7,21	3.035	7,5	3.100	7,87	3.175

\* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

Las medidas del conducto principal serán: 2.100x650 mm

Para reducir los cálculos de la selección de los conductos, se utiliza la tabla de *porcentaje de área de sección recta para conservar constante el rozamiento* (tabla 3) que ofrece los mismos datos que si se utilizase la *gráfica de pérdidas de carga* (figura 13). Entonces, con los datos que da la tabla 3 o los diámetros obtenidos en la figura 13, se entra en la tabla de *dimensiones de conductos* (tabla 2) para obtener las dimensiones del conducto rectangular. Con este método se consigue reducir automáticamente la velocidad del aire en el sentido de la corriente.



Tabla 3. Porcentaje de área de sección recta para conservar constante el rozamiento.

Fuente: Carrier Air Conditioning Company, (1999)

% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO
1	2,0	26	33,5	51	59,0	76	81,0
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5
6	10,5	31	39,0	56	64,0	81	85,5
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0
8	13,0	33	41,0	58	65,5	83	87,0
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5
12	18,5	37	45,0	62	69,0	87	90,0
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0



Las secciones de cada tramo se calculan con ayuda de la tabla 3, que ofrece el porcentaje de área del conducto en función del porcentaje de caudal que circula por él, para mantener constante el rozamiento.

$$\% \text{ de la capacidad} = \frac{\text{caudal de aire en cada sección}}{\text{caudal total de aire}}$$

Para calcular la pérdida de carga, a continuación se calcula la longitud equivalente de cada uno de los elementos del conducto y se le suman los tramos rectos para obtener la longitud total, la cual debe ser multiplicada por la pérdida de carga constante y dará como resultado la pérdida de carga en cada conducto. Se obtiene el tramo de mayor pérdida de carga y se escogerá el ventilador más apropiado a las necesidades.

Se va a proceder a calcular las dimensiones y pérdidas de carga de todos los conductos de la sala de máquinas, correspondientes a la ventilación de la misma. Hay seis tubos de ventilación, dos de ellos para ventilar la zona de los motores principales, otro para los auxiliares, otro para la maquinaria a proa,



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 73/135

otro para las depuradoras y, el último, para los estabilizadores y bombas de rociadores. Los datos anteriores corresponden al conducto del motor principal por tanto, se seguirá con los cálculos.

En este buque se instalarán varios accesorios tales como, una doble persiana de entrada a diferentes alturas, siendo la interna más elevada para la prevención de la entrada de agua, un filtro, un precalentador y el Fire Damper.

$R_e \text{ persiana} = 2 \text{ mm c.a.} * 2 = 4 \text{ mm c.a.}$

$R_e \text{ filtro} = 8,3 \text{ mm c.a.}$

$R_e \text{ precalentador} = 5 \text{ mm c.a.}$

$R_e \text{ Fire Damper} = 2 \text{ mm c.a.}$

Coeficiente de seguridad del 20%

$R_e \text{ Total} = 23,16 \text{ mm c.a.}$

### 2.3.1. CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES

#### Ventilación cámara de motores principales (17)

$Q_1 = 55.000 \text{ m}^3/\text{h}$

% caudal  $\text{m}^3/\text{h} = 100 \rightarrow$  % área conducto = 100

Por tanto, el área será la calculada anteriormente:

$A_1 = 1,223 \text{ m}^2$

Codo principal  $\left\{ \begin{array}{l} 2.100 \times 650 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 1.248 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 * 1,248 = 12,48 \text{ m} \end{array} \right.$

Tramo recto 1  $\rightarrow 2.100 \times 650 \text{ mm}$

$A_1 = 1,22 \text{ m}^2$

$Q_1 = 55.000 \text{ m}^3/\text{h}$

$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 74/135

$$\text{Codo} \left\{ \begin{array}{l} 2.100 \times 650 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 1.248 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 1,248 = 12,48 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  2.100x650 mm

$$A_2 = 1,22 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 55.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_2 = 2,5 \text{ m}$$

Salida de aire 1: al terminar el tramo recto 1, hay una salida de aire para evacuar parte del aire que es necesario expulsarlo al exterior.

$$\text{Salida}_1 \rightarrow 1.150 \times 550 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{salida1}} = 22.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 1.150x550 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow$  1.350x650 mm

$$A_3 = 0,818 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 33.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_3 = 6,3 \text{ m}$$

Salida del aire 2: en esta salida de aire se evacua el aire restante que circula por esta sección.

$$\text{Salida}_2 \rightarrow 1.350 \times 650 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{salida2}} = 33.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 1.350x650 mm

Además de este conducto, es necesario instalar otro para evacuar más aire de la sala de máquinas y ventile toda la sala como es debido. El conducto presentado a continuación, tiene características similares, difiere en la longitud del conducto.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 75/135

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 2.100 \times 650 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 1.248 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 * 1,248 = 12,48 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow$  2.100x650 mm

$$A_1 = 1,22 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 55.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo} \left\{ \begin{array}{l} 2.100 \times 650 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 1.248 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 * 1,248 = 12,48 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  2.100x650 mm

$$A_2 = 1,22 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 22.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_2 = 8,4 \text{ m}$$

Salida de aire 1: al terminar el tramo recto 1, hay una salida de aire para evacuar parte del aire que es necesario expulsarlo al exterior.

$$\text{Salida}_1 \rightarrow 1.150 \times 550 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{salida1}} = 22.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 1.150x550 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow$  1.350x650

$$A_2 = 0,818 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 33.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_2 = 4,6 \text{ m}$$

Salida del aire 2: al terminar el tramo recto 2, se evacua todo el aire restante.

$$\text{Salida}_2 \rightarrow 1.350 \times 650 \text{ mm}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 76/135

$$Q_{\text{salida2}} = 33.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 1.350x650 mm

Tabla 4. Conducto de ventilación de los motores principales.

Fuente: Propia

Ventilador ppal 1	L (m)	Lequivalente
Codo (2100x650)		12,48
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (2100x650)		12,48
Tramo recto 2	2,5	
Salida 1		
Tramo recto 3	6,3	
Salida 2		
L <sub>TOTAL</sub>	46,56	

$$\text{Pérdida de carga del conducto} = L_{\text{TOTAL}} \cdot R = 46,56 \cdot 0,18 = 8,3808 \text{ mm c.a.}$$

$$\text{Pérdida de carga total} = 8,3808 + 23,16 = 31,5408 \text{ mm c.a.}$$

Tabla 5. Conducto de ventilación de los motores principales.

Fuente: Propia

Ventilador ppal 2	L (m)	L <sub>equivalente</sub>
Codo (2100x650)		12,48
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (2100x650)		12,48
Tramo recto 2	8,4	
Salida 1		
Tramo recto 3	4,6	
Salida 2		
L <sub>TOTAL</sub>	50,76	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 50,76 \cdot 0,18 = 9,1368$  mm c.a.

Pérdida de carga total =  $9,1368 + 23,16 = 32,2968$  mm c.a.

### 2.3.2. CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LOS MOTORES AUXILIARES

#### Ventilación cámara de motores auxiliares (15)

$$\begin{array}{l}
 \text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l}
 1.400 \times 550 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 951 \text{ mm} \\
 L/D = 10 \\
 L_{equivalente} = 10 \cdot 0,951 = 9,51 \text{ m}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 78/135

Tramo recto 1 → 1.400x550 mm

$$Q_1 = 32.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_1 = 0,706 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo secundario} \left\{ \begin{array}{l} 1.400 \times 550 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 951 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,951 = 9,51 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2 → 1.400x550 mm

$$Q_2 = 32.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,702 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 1,45 \text{ m}$$

Salida del aire 1: se encuentra al finalizar el tramo recto 2 y se evacuan 12.800 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida1} = 12.800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida1} = 0,343 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 1.350x300 mm

Tramo recto 3 → 1.350x400 mm

$$Q_3 = 19.200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_3 = 0,478 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 1,575 \text{ m}$$

Salida del aire 2: se encuentra al finalizar el tramo recto 2 y se evacuan 11.520 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida2} = 11.520 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida2} = 0,31 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 1.200x300 mm

Tramo recto 4 → 1.050x250 mm

$$Q_4 = 7.680 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_4 = 0,225 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 2,625 \text{ m}$$

Salida del aire 3: se encuentra al finalizar el tramo recto 4 y se evacua la totalidad del aire que circula por el conducto, es decir 7.680 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{\text{salida3}} = 7.680 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida3}} = 0,225 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 3: 1.050x250 mm

Tabla 6. Conducto de ventilación de los motores auxiliares.

Fuente: Propia

	L (m)	Lequivalente
Codo principal (1400x550)		9,51
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (1400x550)		9,51
Tramo recto 2	1,45	
Salida 1		

Tramo recto 3 Salida 2	1,575	
Tramo recto 4 Salida 3	2,625	
L <sub>TOTAL</sub>	37,47	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 37,47 \cdot 0,18 = 6,7446 \text{ mm c.a.}$

Pérdida de carga total =  $6,7446 + 23,16 = 29,9046 \text{ mm c.a.}$

### 2.3.3.CONDUCTO DE VENTILACIÓN LOCAL DE MAQUINARIA A PROA

#### Ventilación local maquinaria a proa (13)

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 400 \times 400 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 445 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,445 = 4,45 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow 400 \times 400 \text{ mm}$

$$Q_1 = 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_1 = 0,154 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo secundario} \left\{ \begin{array}{l} 400 \times 400 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 4,45 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,445 = 4,45 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow 400 \times 400 \text{ mm}$

$$Q_2 = 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,154 \text{ m}^2$$



$$L_2 = 2,75 \text{ m}$$

Salida: debido a que este conducto solo tiene una salida, todo el caudal es evacuado por la misma salida.

$$Q_{\text{salida}} = 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida}} = 0,154 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida: 400x400 mm

Tabla 7. Conducto de ventilación de la maquinaria de proa.

Fuente: Propia

	L	Lequivalente
Codo principal (400x400)		4,45
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (400x400)		4,45
Tramo recto 2	2,75	
Salida		
L <sub>TOTAL</sub>	24,45	

$$\text{Pérdida de carga del conducto} = L_{\text{TOTAL}} * R = 24,45 * 0,18 = 4,401 \text{ mm c.a.}$$

$$\text{Pérdida de carga total} = 4,401 + 23,16 = 27,561 \text{ mm c.a.}$$

## 2.3.4.CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LA SALA DE DEPURADORAS

### Ventilación local depuradoras (19)

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 1.500 \times 350 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 756 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,756 = 7,56 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow$  1.500x350 mm

$$Q_1 = 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_1 = 0,443 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Doble codo} \left\{ \begin{array}{l} 1.500 \times 350 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 756 \text{ mm} \\ L/D = 20 \\ L_{equivalente} = 20 \times 0,756 = 15,12 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  1.500x350 mm

$$Q_2 = 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,443 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 3,64 - 0,55 + 2,76 + 3 = 8,85 \text{ m}$$

$$\text{Codo} \left\{ \begin{array}{l} 1.500 \times 350 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 756 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,756 = 7,56 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 3  $\rightarrow$  1.500x350 mm

$$Q_3 = 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_3 = 0,443 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 2,6 \text{ m}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 83/135

Salida del aire 1: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacuan 8.000 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{\text{salida1}} = 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida1}} = 0,212 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 1.350x200 mm

Tramo recto 4 → 1.150x300 mm

$$Q_4 = 12.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_4 = 0,298 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 5,25 \text{ m}$$

Salida del aire 2: se encuentra al finalizar el tramo recto 4 y se evacuan 7.200 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{\text{salida2}} = 7.200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida2}} = 0,193 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 700x300 mm

Tramo recto 5 → 600x250 mm

$$Q_5 = 4.800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_5 = 0,139 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 5,25 \text{ m}$$

Salida de aire 5: se encuentra al finalizar el tramo recto 5 y se evacua la totalidad del aire que circula por el conducto, es decir 4.800 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{\text{salida5}} = 4.800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida5}} = 0,139 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 5: 600x250 mm

Tabla 8. Conducto de ventilación de la sala de depuradoras.

Fuente: Propia

	L (m)	Lequivalente (m)
Codo principal (1500x350)		7,56
Tramo recto 1	3,4	
Doble codo (1500x350)		15,12
Tramo recto 2	3,64-0,55 2,76 3 =8,85	
Codo (1500x350)		7,56
Tramo recto 3 Salida 1	2,6	
Tramo recto 4 Salida 2	5,25	
Tramo recto 5 Salida 3	5,25	
L TOTAL (m)	55,59	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 55,59 \cdot 0,18 = 10,0062 \text{ mm c.a.}$

Pérdida de carga total =  $10,0062 + 23,16 = 33,1662 \text{ mm c.a.}$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 85/135

### 2.3.5.CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CONTRA INCENDIOS

#### Ventilación local estabilizadores, planta séptica y bombas CI (21)

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 1400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 531 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,531 = 5,31 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow 1.400 \times 200 \text{ mm}$

$$Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_1 = 0,218 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo secundario} \left\{ \begin{array}{l} 1400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 531 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,531 = 5,31 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow 1400 \times 200 \text{ mm}$

$$Q_2 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,218 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 2,95 + 3,5 = 6,45 \text{ m}$$

Salida del aire 1: se encuentra al finalizar el tramo recto 2 y se evacuan 4.000 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida1} = 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida1} = 0,107 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 600x200 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow 900 \times 200 \text{ mm}$

$$Q_3 = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 86/135

$$A_3 = 0,153 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 3,5 \text{ m}$$

Salida del aire 2: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacuan 2.400 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{\text{salida2}} = 2.400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida2}} = 0,1 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 800x150 mm

Tramo recto 4 → 800x150 mm

$$Q_4 = 3.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_4 = 0,099 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 3,5 \text{ m}$$

Salida del aire 3: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacua la totalidad del caudal, es decir 3.600 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{\text{salida3}} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida3}} = 0,099 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 800x150 mm

Tabla 9. Conducto de ventilación de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.

Fuente: Propia

	L (m)	Lequivalente
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 87/135

Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3 =12,8	
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 2	2,95 3,5	
Salida 1		
Tramo recto 3	3,5	
Salida 2		
Tramo recto 4	3,5	
Salida 3		
L <sub>TOTAL</sub>	36,87	

Pérdida de carga total del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 36,87 \cdot 0,18 = 6,6366$  mm c.a.

Pérdida de carga total =  $6,6366 + 23,16 = 29,7966$  mm c.a.

La mayor pérdida de carga se encuentra en el conducto del ventilador de la depuradora, con una pérdida de carga total de 33,1662 mm c.a. Con este dato y el volumen de aire necesario, se elige el ventilador que mejor se adapte a las condiciones y necesidades de la instalación.

## 2.4. CÁLCULO DE CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN DEL AIRE

Como se ha calculado previamente, se necesitan evacuar 34.000 m<sup>3</sup>/h todo el aire del interior de la sala de máquinas.

Se van a utilizar varios conductos distribuidos por la sala. Un extractor para los motores principales de 10.000 m<sup>3</sup>/h, otro para la depuradora de 8.000 m<sup>3</sup>/h y, finalmente, el de estabilizadores y bombas de rociadores de 6.000 m<sup>3</sup>/h.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 88/135

Se sigue el mismo procedimiento que para los ventiladores, es decir, comenzamos calculando la pérdida por rozamiento que será constante a lo largo de todos los conductos.

Con un caudal de 10.000 m<sup>3</sup>/h y una velocidad de 12,5 m/s, se obtiene la pérdida por rozamiento.

$$R = 0,29 \text{ mm c.a./m longitud equivalente}$$

A continuación, se calcula el diámetro equivalente. Para ello es necesario calcular previamente el área del conducto:

$$A = \frac{Q}{v \cdot 3.600} = \frac{10000}{12,5 \cdot 3.600} = 0,2223 \text{ m}^2$$

Una vez calculado el área, se obtiene el diámetro equivalente.

$$\text{Área} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,2223}{\pi}} = 0,266 \text{ m}$$

$$\varnothing_{eq} = 531 \text{ mm}$$

Finalmente con este dato, se calculan las dimensiones que tendrá el conducto de sección cuadrada: 1.400x200 mm.

#### 2.4.1. CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES

##### Extractor de los motores principales

$$Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\% \text{ caudal m}^3/\text{h} = 100 \rightarrow \% \text{ área conducto} = 100$$

Por tanto, el área será la calculada anteriormente:

$$A_1 = 0,266 \text{ m}^2$$

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 1.400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 521 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,521 = 5,21 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{Tramo recto 1} \rightarrow 1.400 \times 200 \text{ mm}$$



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 89/135

$$A_1 = 0,266 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo} \left\{ \begin{array}{l} 1.400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{\text{eq}} = 521 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{\text{equivalente}} = 10 \cdot 0,521 = 5,21 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  1.400x200 mm

$$A_2 = 0,218 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_2 = 2,5 \text{ m}$$

Salida de aire 1: al terminar el tramo recto 1, hay una salida de aire para evacuar parte del aire que es necesario expulsarlo al exterior.

Salida<sub>1</sub>  $\rightarrow$  600x200 mm

$$Q_{\text{salida1}} = 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 600x200 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow$  550x200 mm

$$A_3 = 0,10 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_3 = 6,3 \text{ m}$$

Salida del aire 2: en esta salida de aire se evacua el aire restante que circula por esta sección.

Salida<sub>2</sub>  $\rightarrow$  550x200 mm

$$Q_{\text{salida2}} = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 550x200 mm

Tabla 10. Conducto de extracción de los motores principales.

Fuente: Propia

	L (m)	Lequivalente
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 2	2,5	
Salida 1		
Tramo recto 3	6,3	
Salida 2		
L <sub>TOTAL</sub>	32,22	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 32,22 \cdot 0,29 = 9,3438$  mm c.a.

Pérdida de carga total =  $9,3438 + 12,36 = 21,7038$  mm c.a.

Segundo conducto

$Q_1 = 10.000$  m<sup>3</sup>/h

% caudal m<sup>3</sup>/h = 100 → % área conducto = 100

Por tanto, el área será la calculada anteriormente:

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 91/135

$$A_1 = 0,266 \text{ m}^2$$

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 1.400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 521 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,521 = 5,21 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow$  1.400x200 mm

$$A_1 = 0,266 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo} \left\{ \begin{array}{l} 1.400 \times 200 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 521 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,521 = 5,21 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  1.400x200 mm

$$A_2 = 0,218 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_2 = 8,4 \text{ m}$$

Salida de aire 1: al terminar el tramo recto 1, hay una salida de aire para evacuar parte del aire que es necesario expulsarlo al exterior.

Salida<sub>1</sub>  $\rightarrow$  600x200 mm

$$Q_{salida1} = 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 600x200 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow$  550x200 mm

$$A_3 = 0,10 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$L_3 = 4,6 \text{ m}$

Salida del aire 2: en esta salida de aire se evacua el aire restante que circula por esta sección.

Salida<sub>2</sub> → 550x200 mm

$Q_{\text{salida2}} = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 550x200 mm

Tabla 11. Conducto de extracción de los motores principales.

Fuente: Propia

	L (m)	Lequivalente
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	= 12,8	
Codo (1400x200)		5,31
Tramo recto 2	8,4	
Salida 1		
Tramo recto 3	4,6	
Salida 2		
L <sub>TOTAL</sub>	36,42	

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 93/135

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 36,42 \cdot 0,29 = 10,5618 \text{ mm c.a.}$

Pérdida de carga total =  $10,5618 + 12,36 = 22,9218 \text{ mm c.a.}$

## 2.4.2.CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE LA SALA DE DEPURADORAS

### Extractor de la sala de depuradoras (20)

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 750 \times 250 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 465 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,465 = 4,65 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow 750 \times 250 \text{ mm}$

$$Q_1 = 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_1 = 0,168 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 750 \times 250 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 465 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,465 = 4,65 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow 750 \times 250 \text{ mm}$

$$Q_2 = 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,168 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 3,75 \text{ m}$$

Salida del aire 1: se encuentra al finalizar el tramo recto 1 y se evacuan  $3.200 \text{ m}^3/\text{h}$  de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida1} = 3.200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida1} = 0,084 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1:  $450 \times 200 \text{ mm}$

Tramo recto 3  $\rightarrow 650 \times 200 \text{ mm}$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 94/135

$$Q_3 = 4.800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_3 = 0,1163 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 3,75 \text{ m}$$

Salida del aire 2: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacuan 2.880 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{\text{salida2}} = 2.8800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida2}} = 0,078 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 600x150 mm

Tramo recto 4 → 400x150 mm

$$Q_4 = 1.920 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_4 = 0,055 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 3,75 \text{ m}$$

Salida del aire 3: se encuentra al finalizar el tramo recto 4 y se evacuan la totalidad del caudal, es decir, 1.920 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{\text{salida3}} = 1.920 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida3}} = 0,055 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 3: 400x150 mm

Tabla 12. Conducto de extracción de la sala de depuradoras.

Fuente: Propia

	L (m)	L <sub>equivalente</sub>
Codo (750x250)		4,65
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 95/135

Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3 =12,8	
Codo (750x250)		4,65
Tramo recto 2  Salida 1	3,75	
Tramo recto 3  Salida 2	3,75	
Tramo recto 4  Salida 3	3,75	
L <sub>TOTAL</sub>	33,35	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 33,35 \cdot 0,29 = 9,6715$  mm c.a.

Pérdida de carga total =  $9,6715 + 12,36 = 22,0315$  mm c.a.

### 2.4.3.CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CINTRA INCENDIOS

#### Extractor de estabilizadores, planta séptica y bombas CI (22)

$$\text{Codo principal} \left\{ \begin{array}{l} 600 \times 250 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 422 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \cdot 0,422 = 4,22 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 1  $\rightarrow$  600x250 mm

$$Q_1 = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 96/135

$$A_1 = 0,139 \text{ m}^2$$

$$L_1 = 3,4 + 3,64 + 2,76 + 3 = 12,8 \text{ m}$$

$$\text{Codo secundario} \left\{ \begin{array}{l} 600 \times 250 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{eq} = 422 \text{ mm} \\ L/D = 10 \\ L_{equivalente} = 10 \times 0,422 = 4,22 \text{ m} \end{array} \right.$$

Tramo recto 2  $\rightarrow$  600x250 mm

$$Q_2 = 3.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_2 = 0,139 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 2,95 + 3,5 = 6,45 \text{ m}$$

Salida del aire 1: se encuentra al finalizar el tramo recto 2 y se evacuan 2.400 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida1} = 2.400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida1} = 0,06 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 1: 250x250 mm

Tramo recto 3  $\rightarrow$  500x200 mm

$$Q_3 = 3.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_3 = 0,092 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 3,5 \text{ m}$$

Salida del aire 2: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacuan 1.440 m<sup>3</sup>/h de aire, se calcula la superficie de las rejillas por las que se ventilará el caudal.

$$Q_{salida2} = 1.440 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{salida2} = 0,057 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 2: 300x200 mm

Tramo recto 4  $\rightarrow$  300x150 mm



$$Q_4 = 2.160 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_4 = 0,042 \text{ m}^2$$

$$L_4 = 3,5 \text{ m}$$

Salida del aire 3: se encuentra al finalizar el tramo recto 3 y se evacua la totalidad del caudal, es decir 2.160 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{\text{salida3}} = 2.160 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{salida3}} = 0,042 \text{ m}^2$$

Dimensiones de las rejillas de salida 3: 300x150 mm

Tabla 13. Conducto de extracción de los estabilizadores, planta séptica y bombas cintra incendios.

Fuente: Propia.

	L (m)	Lequivalente
Codo (1400x200)		4,22
Tramo recto 1		
Cubierta 4-5	3,4	
Cubierta 3-4	3,64	
Cubierta 2-3	2,76	
Cubierta 1-2	3	
	=12,8	
Codo (1400x200)		4,22
Tramo recto 2	2,95	
	3,5	
Salida 1		
Tramo recto 3	3,5	

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 98/135

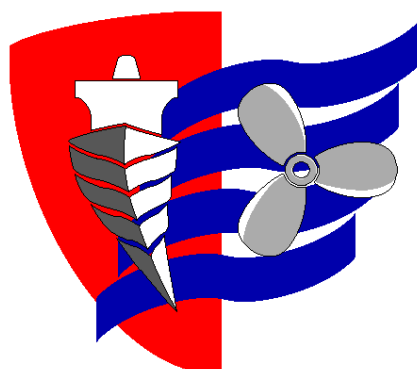
Salida 2		
Tramo recto 4	3,5	
Salida 3		
L <sub>TOTAL</sub>	34,69	

Pérdida de carga del conducto =  $L_{TOTAL} \cdot R = 34,69 \cdot 0,29 = 10,0601$  mm c.a.

Pérdida de carga total =  $9,6715 + 12,36 = 22,4201$  mm c.a.

El conducto del extractor que más pérdida de carga tiene es el segundo del motor principal, es decir, el más largo, con una pérdida de carga de 22,9218 mm c.a. Con este dato y el volumen de aire necesario, se elige el extractor que mejor se adapte a las condiciones y necesidades de la instalación.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

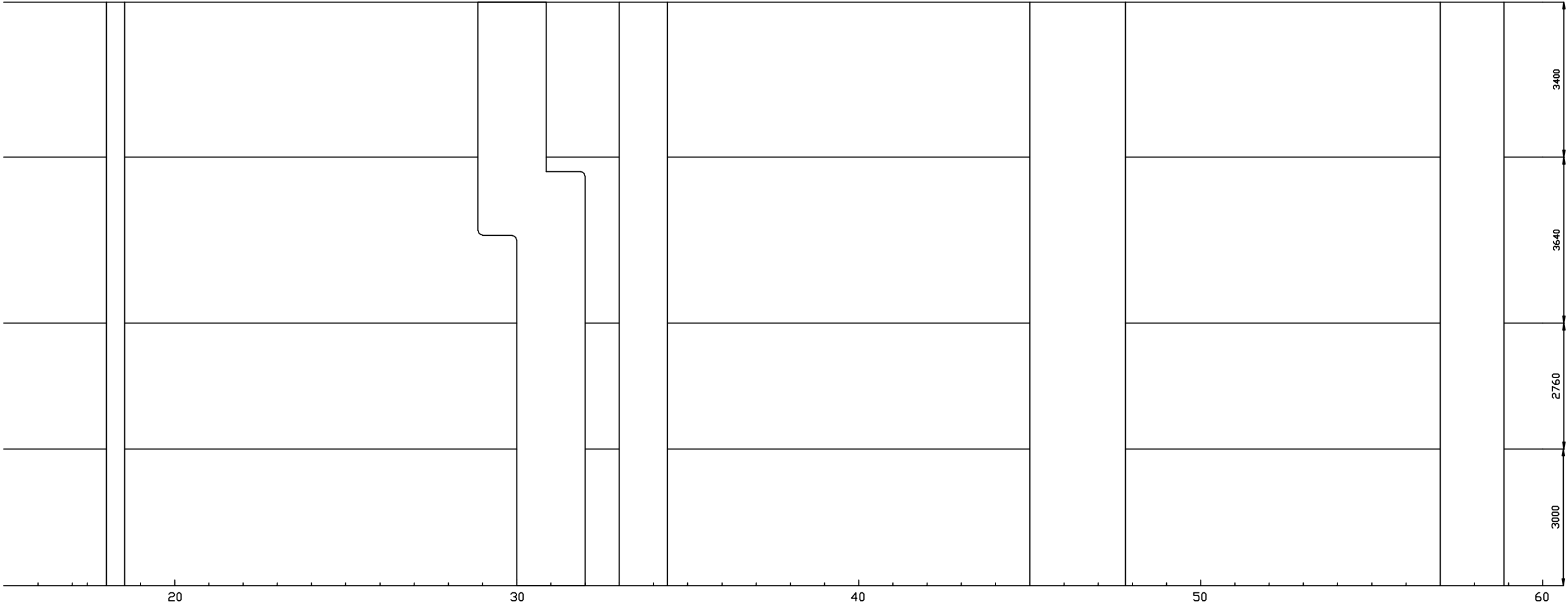


**PLANOS**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLANOS	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 100/135

### 3. PLANOS

- Ref. 01: Conductos de ventilación.
- Ref. 02 Hoja 1/2: Conducto de ventilación para los motores principales.
- Ref. 02 Hoja 2/2: Conducto de ventilación para los motores principales.
- Ref. 03: Conducto de ventilación para los motores auxiliares.
- Ref. 04: Conducto de ventilación para la maquinaria a proa.
- Ref. 05: Conducto de ventilación para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.
- Ref. 06: Conducto de ventilación para las depuradoras.
- Ref. 07: Conducto de extracción para las depuradoras.
- Ref. 08: Conducto de extracción para la zona de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios.
- Ref. 09: Conducto de extracción para los motores principales.



Cub. N° 5

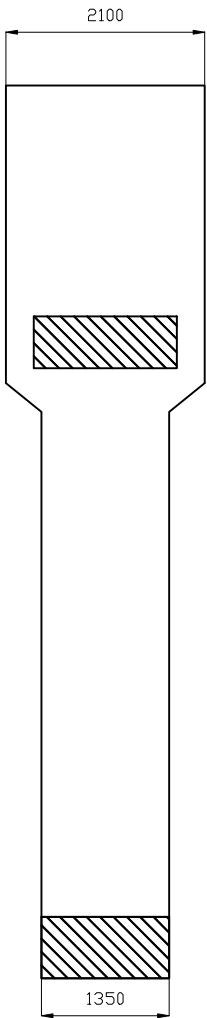
Cub. N° 4

Cub. N° 3

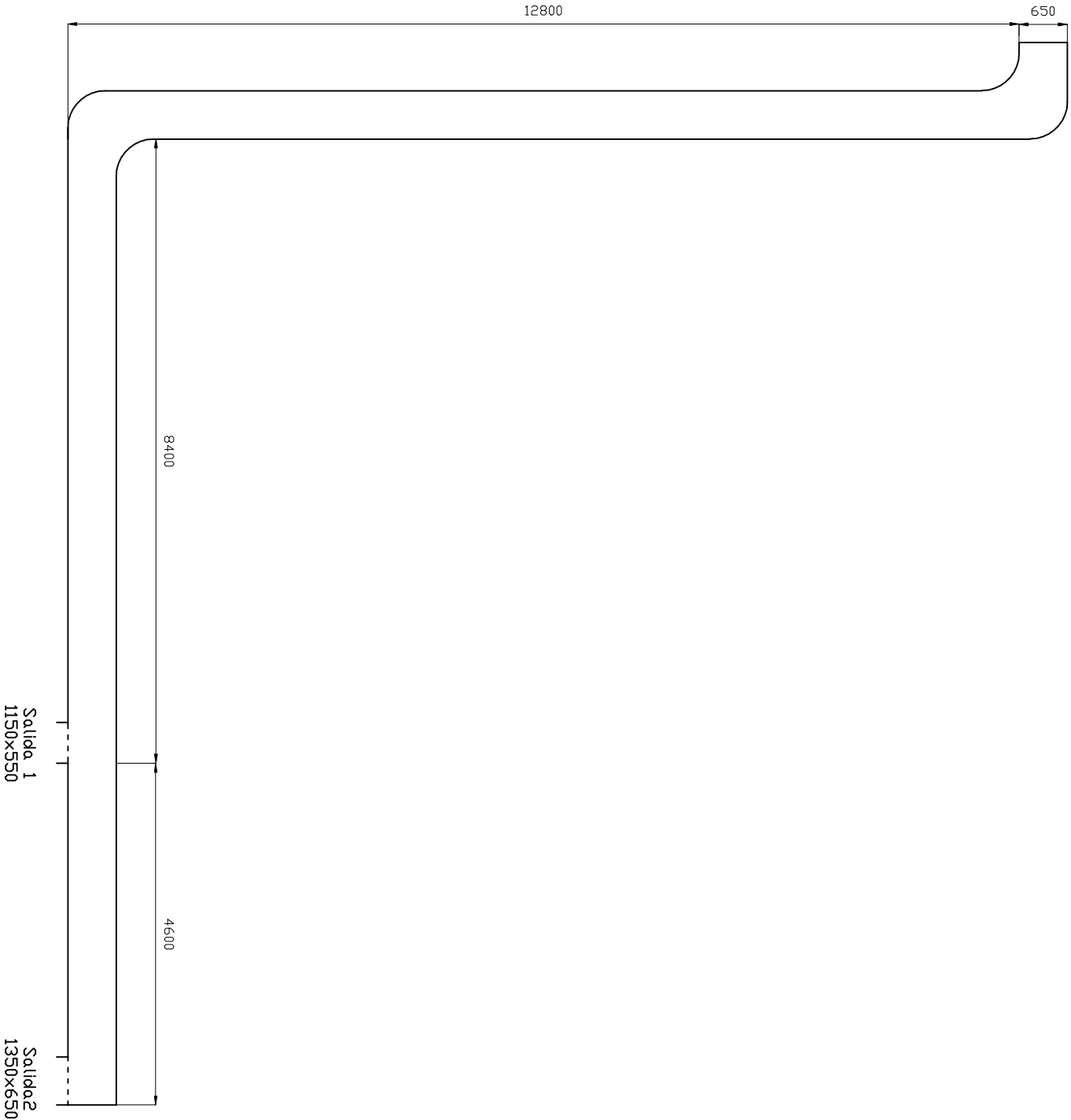
Cub. N° 2

Cub. N° 1

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry	
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
CONDUCTO DE VENTILACIÓN		01 HOJA 1/1	
ESCALA		FECHA	INGENIERÍA
1:100		ABR-18	NATALIA ABASCAL ARRONTE
		MOTORES PRINCIPALES	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARRONTE	
✓º Bº			



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES		02		HOJA 1/2
ESCALA	FECHA		INGENIERÍA	
	ABR-18		NATALIA ABASCAL ARDENTE	
1:80				
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				

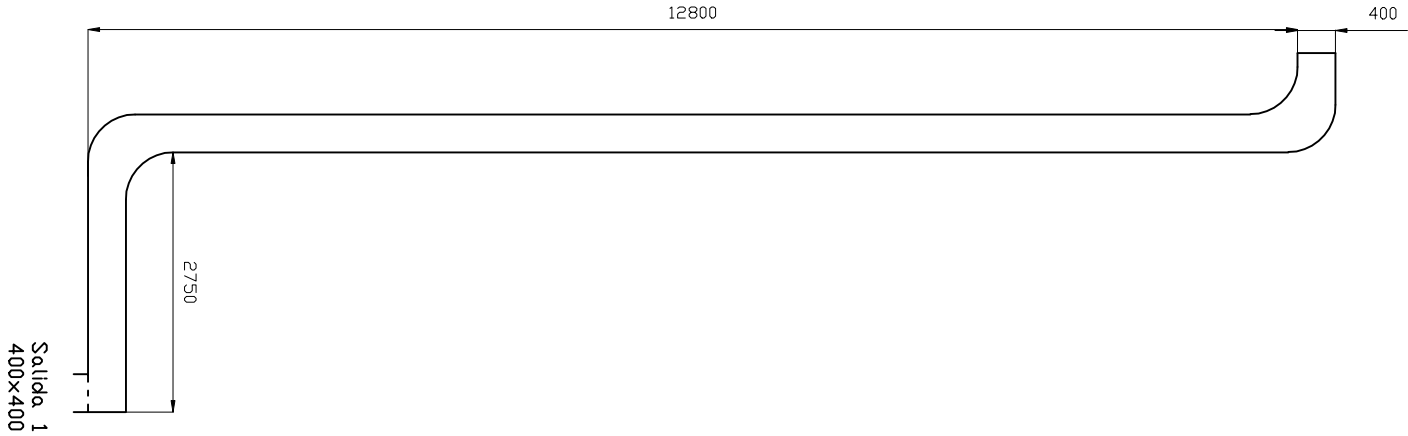


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES		02		HOJA 2/2
ESCALA	FECHA		INGENIERÍA	
	ABR-18		NATALIA ABASCAL ARDENTE	
1:80				
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				

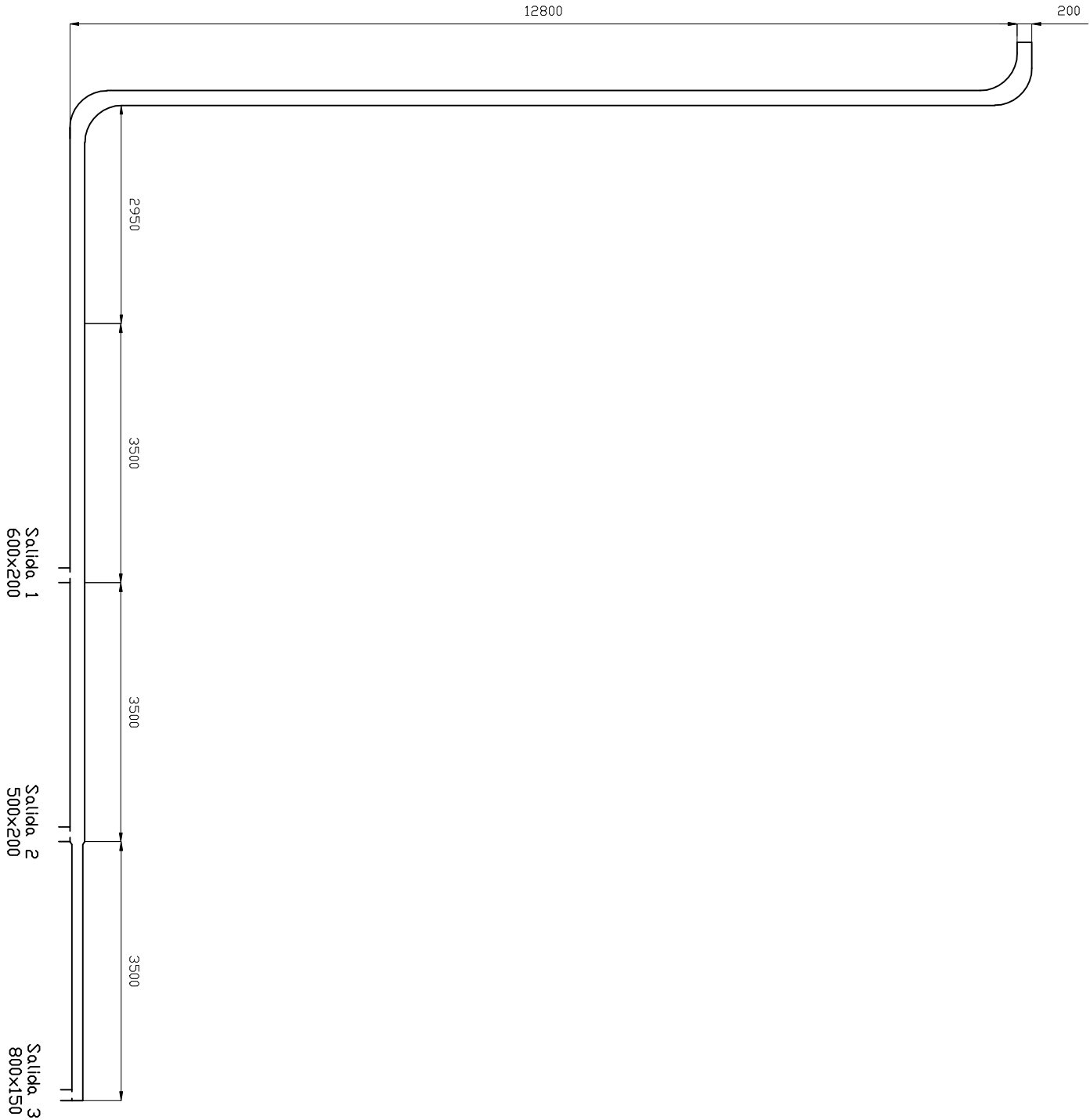


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE LOS MOTORES AUXILIARES		03		HOJA 1/1
ESCALA	1:80	FECHA	INGENIERÍA	
		ABR-18	NATALIA ABASCAL ARDENTE	
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				

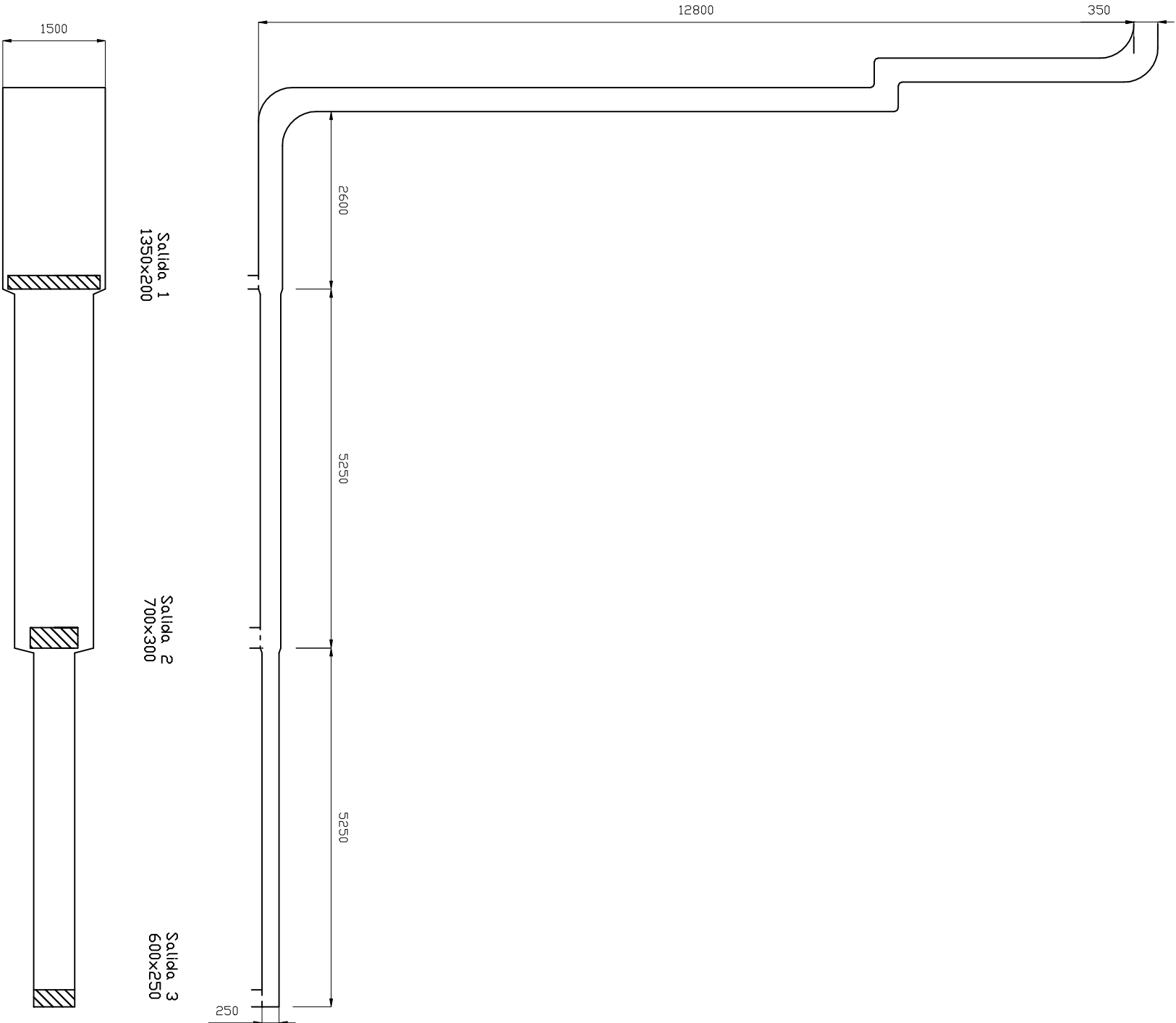




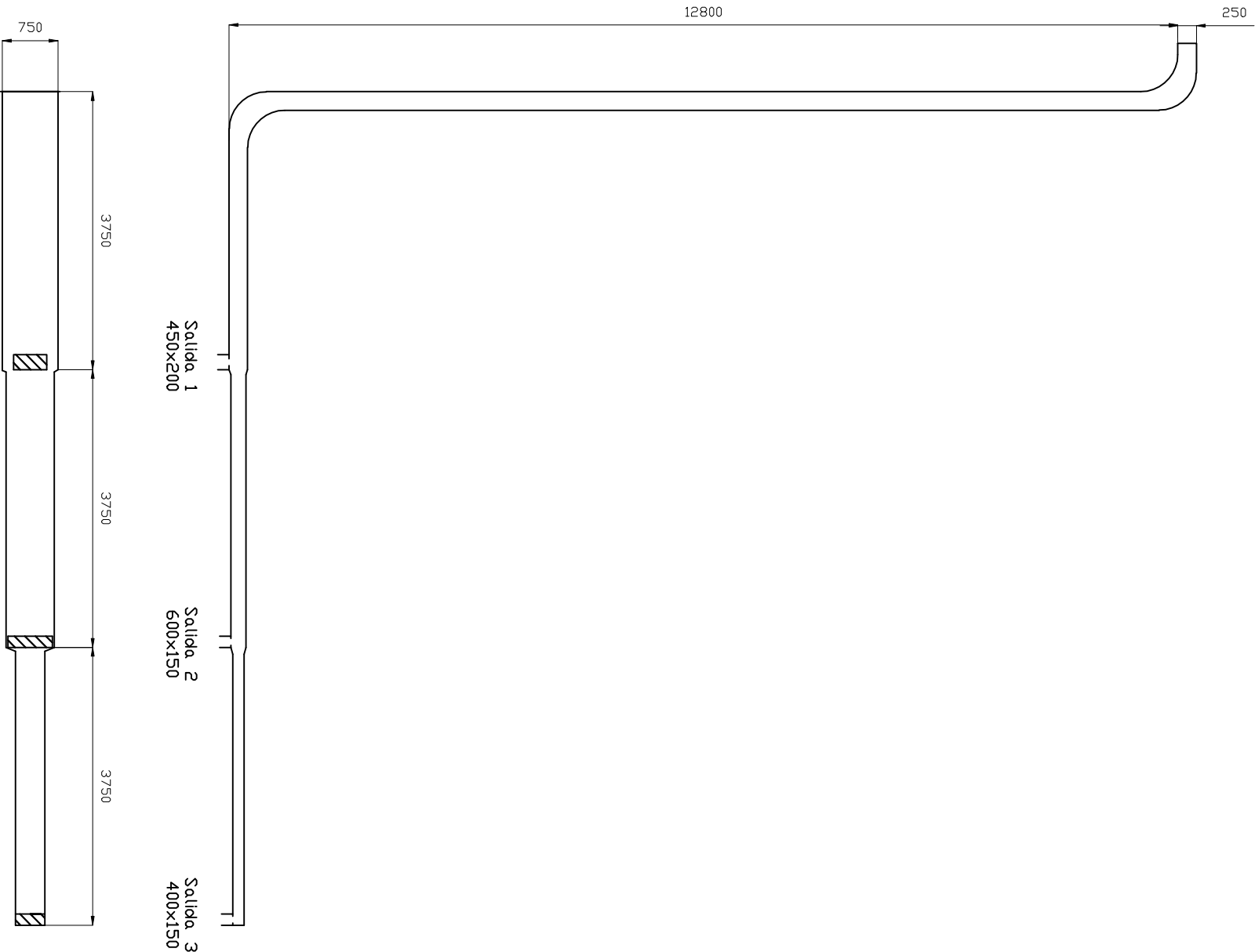
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE MAQUINARIA DE PROA		REF. PLANO 04 HOJA 1/1
ESCALA 1:80	FECHA		INGENIERÍA	
	ABR-18		NATALIA ABASCAL ARDENTE	
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				



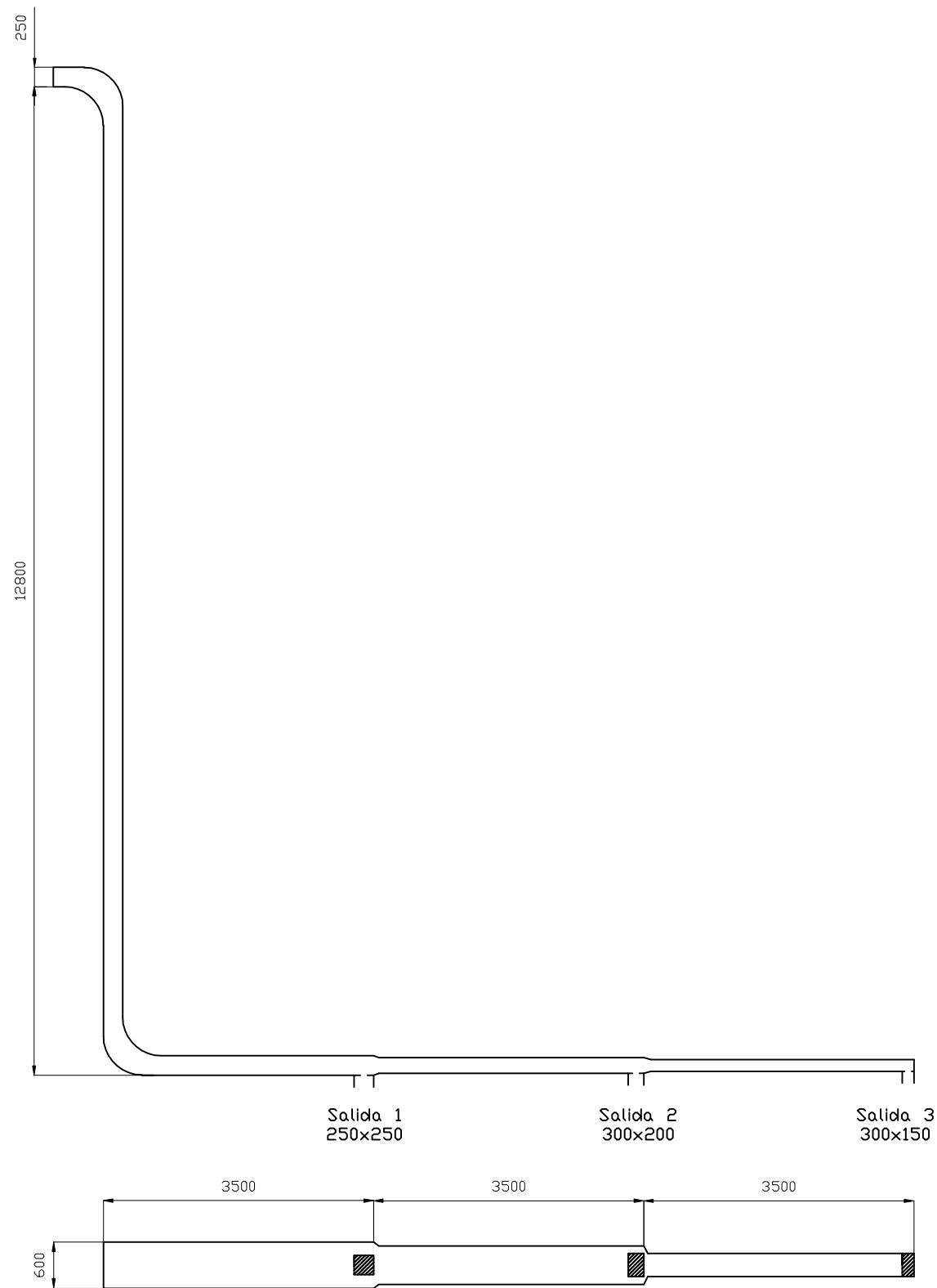
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CI		05		HOJA 1/1
ESCALA	FECHA		INGENIERÍA	
	ABR-18		NATALIA ABASCAL ARRONTE	
1:80				
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARRONTE		
Vº Bº				



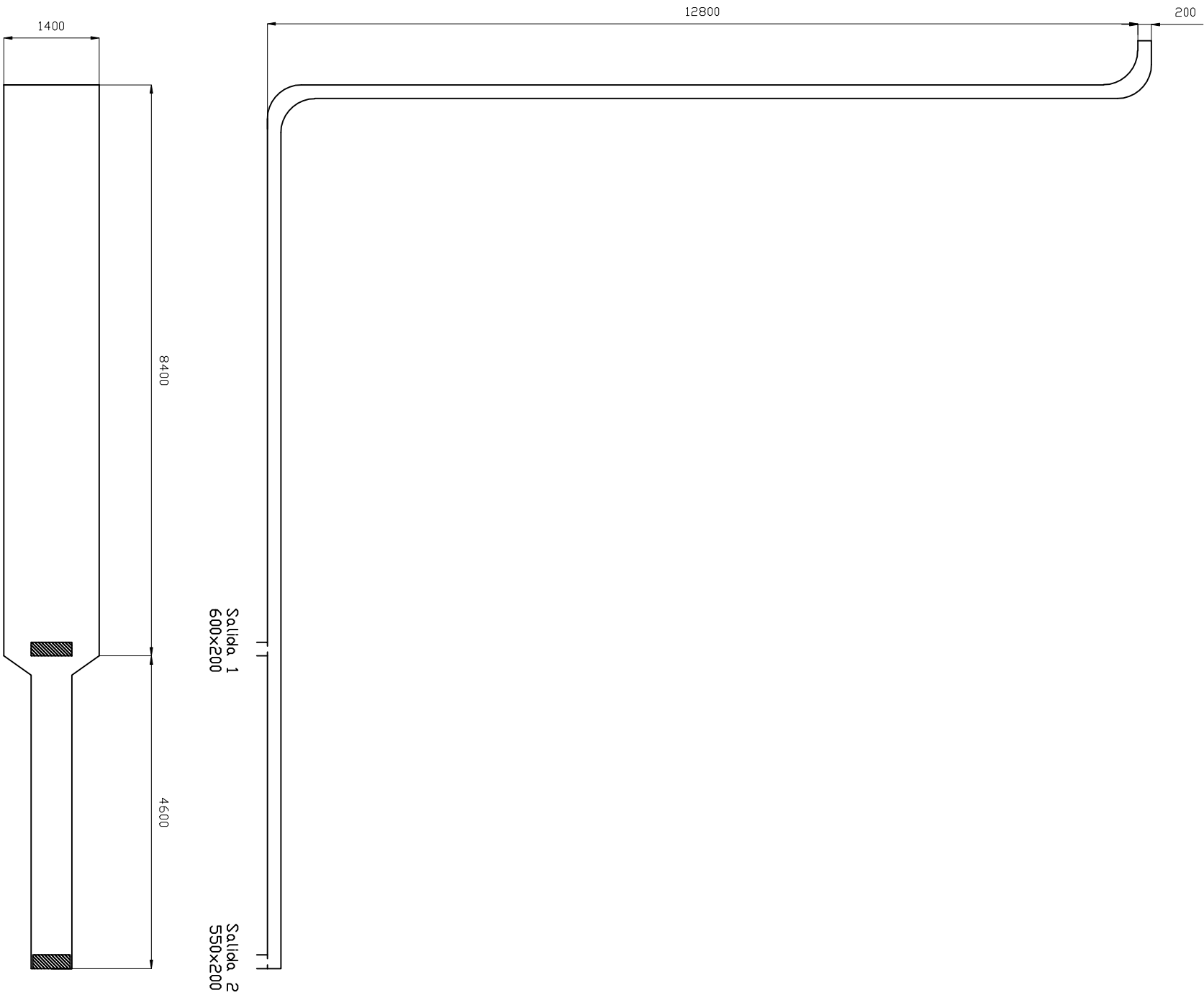
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE VENTILACIÓN DE DEPURADORAS		06		HOJA 1/1
ESCALA		INGENIERÍA		
1:80	FECHA	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
	ABR-18			
	MOTORES PRINCIPALES			
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE DEPURADORAS		07		HOJA 1/1
ESCALA	1:80	FECHA	INGENIERÍA	
		ABR-18	NATALIA ABASCAL ARDENTE	
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				

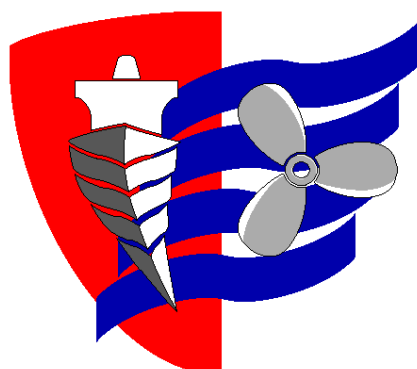


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry	
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE ESTABILIZADORES, PLANTA SÉPTICA Y BOMBAS CI		08 HOJA 1/1	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
	1:80	ABR-18	MOTORES PRINCIPALES
		NATALIA ABASCAL ARRONTE	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARRONTE	
Vº Bº			



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA				
PROYECTO		CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY Calculation and design of the air ventilation of the engine room of a ferry		
DENOMINACIÓN		REF. PLANO		
CONDUCTO DE EXTRACCIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES		09		HOJA 1/1
ESCALA	FECHA		INGENIERÍA	
	ABR-18		NATALIA ABASCAL ARDENTE	
1:80				
	FECHA	NOMBRE		FIRMA
DIBUJADO	ABR 18	NATALIA ABASCAL ARDENTE		
Vº Bº				

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**PLIEGO DE CONDICIONES**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 102/135

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

El presente pliego de condiciones tiene por objeto determinar los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones de referencia, cuyas características técnicas estarán especificadas en los documentos que componen el presente trabajo.

Este documento se redacta con carácter de Trabajo Fin de Grado para la obtención del Título de Grado en Ingeniera Marítima, que versa sobre la redacción del cálculo y diseño del sistema de ventilación de la sala de máquinas de un buque ferry.

La instalación objeto del proyecto consistirá en la ejecución de las obras necesarias para llevar a cabo una correcta instalación del sistema de ventilación de la sala de máquinas en función de las necesidades humanas del personal que trabaja allí y de las máquinas de dicha instalación.

La instalación de este sistema de ventilación de este proyecto estará de acuerdo con la vigente sociedad de clasificación Bureau Veritas y sus instrucciones complementarias, así como la legislación vigente al respecto.

### 4.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y normas citadas.

El objetivo principal del presente pliego de condiciones es definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se deben de ajustar a la ejecución del sistema de ventilación de la sala de máquinas cuyas características técnicas se especifican en el siguiente proyecto.



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 103/135

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes.

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente a todas las reglamentaciones de carácter social vigentes en el momento de la ejecución de las obras. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 *“Contratación de Obras. Condiciones Generales”*, siempre que no lo modifique el presente pliego.

#### Mandos y responsabilidades

##### Jefe de obra:

El contratista debe disponer de un técnico cualificado, que tendrá como labor ser el Jefe de Obra, encargándose de controlar y organizar los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido ante la propiedad,

##### Vigilancias

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

##### Limpieza

El contratista será responsable de mantener el recinto de la obra libre de la acumulación de materiales de desecho, escombros y suciedad, siendo conveniente su retirada de las zonas de trabajo.

El contratista tendrá como obligación eliminar adecuadamente por su cuenta los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Para una mayor limpieza, al abandonar el trabajo cada jornada, deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Al finalizar la instalación, esta se entrega completamente limpia, libre de herramientas, andamiajes y materiales

Todos los gastos derivados del suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos serán responsabilidad del contratista.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 104/135

#### 4.1.1.MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aún sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Astillero que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

#### 4.1.2.RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Astillero dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero.

##### Control de calidad

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente. El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos: control de materias primas, control de equipos o materiales suministrados a obra, calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje) y calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

En cualquier caso, durante la ejecución de las obras durante el período de garantía, la Dirección del Proyecto detectase alguna unidad de obra o algún material que no cumple los requisitos de calidad exigidos, la contratista podrá

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 105/135

exigir y demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas actividades correrán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación por tal hecho.

#### Muestras

El contratista deberá presentar muestras de los materiales que se van a utilizar para su posterior aprobación con la suficiente antelación como para no retrasar el comienzo de la obra. La dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar la aprobación de la pieza o para exigir un cambio, en caso de que no cumpliera todos los requisitos. En el caso de que las muestras fueran rechazadas, el contratista se encargará de presentar nuevas muestras, siempre y cuando el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al plazo de ejecución de la misma. Si se manifiesta algún retraso causado por el rechazo de los materiales se imputará al contratista.

#### 4.1.3.ORGANIZACIÓN

El Astillero se encargará de asumir legalmente todas las responsabilidades establecidas por decretos u órdenes sobre el particular durante la ejecución de la obra, quedando obligado al pago de salarios.

La organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales empleados, está bajo la supervisión del Astillero, el cual es el responsable de la seguridad ante posibles accidentes.

El Astillero deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra.

Se solicitará la aprobación previa del Director de Obra para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que es Astillero considere oportuno llevar a cabo, todo ello corriendo a cuenta propia del Astillero.

#### 4.1.4.EJECUCIÓN DE OBRAS

##### COMPROBACIÓN Y REPLANTEO

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 106/135

Se comprobarán en presencia del Director de Obra, de un representante del Astillero y del armador del barco el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación en un plazo máximo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva al Astillero, extendiéndose a la correspondiente Acta de Comprobación del Reglamento.

El Acta de Comprobación del Reglamento refleja la conformidad del replanteo de los documentos contractuales. En el caso contrario, si se refleja disconformidad, se puede ver afectado el cumplimiento del contrato. Cuando tal Acta muestre alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato.

#### PROGRAMA DE TRABAJO

El Astillero presentará el programa de trabajo de la obra en un plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, siguiendo el orden de obra que especifique el Director de la misma para su correcta realización. Todo esto debe presentarse previamente por escrito antes de llevarlo a cabo.

Cuando sea necesario modificar cualquier condición contractual del programa de trabajo, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el Astillero y el Director de Obra, con la correspondiente modificación para su tramitación.

#### COMIENZO

El Astillero está obligado a notificar la fecha de comienzo de los trabajos al Director de Obra, tanto por escrito como personalmente.

#### PLAZO DE EJECUCIÓN

La obra se realizará en el plazo que se estipule en el contrato definido por la propiedad o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego.

Cuando el Astillero solicite una inspección, de acuerdo con alguno de los extremos contenidos en el Presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, para poder realizar algún trabajo

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 107/135

anterior que esté condicionado por la misma, estará obligado a tener preparada dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

En su defecto, cuando el ritmo de trabajo estipulado por el Astillero no sea normal, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

#### 4.1.5.INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al Técnico Director de Obra. El Astillero está obligado a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darlo solución lo antes posible.

El Astillero se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. El Astillero está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto. El Astillero notificará por escrito o en persona directamente al Director de Obra y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para la inspección cada una de las partes de la obra para las que se ha indicado necesidad o conveniencia de las mismas o para aquellas que parcial o totalmente deban quedar ocultas.

De las unidades de obra que deban quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de Obra de hallarlos correctos. Si no se diese el caso, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por este.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 108/135

#### 4.1.6.VARIACIONES DEL PROYECTO

Se consideran mejoras o variaciones aquellas que hayan sido ordenadas por el Director de Obra sin variación del importe contratado.

#### 4.1.7.OBRAS COMPLEMENTARIAS

El Astillero estará obligado a realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

#### 4.1.8.MODIFICACIONES

El Astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, siempre y cuando el importe de las mismas varíe un 25% del valor contratado.

La variación de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Astillero y este ha sido tomados como base de contrato.

El Astillero solo podrá hacer alguna alteración de las partes del proyecto si tiene la autorización expresa del Director de Obra. Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

#### 4.1.9.OBRA DEFECTUOSA

Cuando el Astillero detecte cualquier defecto de obra que no se ajuste a lo especificado en el Proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Director de Obra tendrá dos opciones, aceptarlo o rechazarlo. En el primer caso, este fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando el Astillero obligado a aceptar dicha valoración. En el otro caso, se reconstruirá a expensas del Astillero la parte mal ejecutada cuantas veces

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 109/135

sean necesarias sin que ello sea motivo de una reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

#### 4.1.10. MEDIOS AUXILIARES

Correrán por cuenta del Astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismo, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar por los medios de protección adecuados para sus operarios.

En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del Astillero una vez que haya finalizado la obra, aunque no tendrán derecho a reclamar en el caso de que hayan dado lugar a desperfectos mientras se daba uso de los mismos.

#### 4.1.11. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

El Astillero está obligado a la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de recepción definitiva por la propiedad. Los gastos corren a cargo del Astillero.

#### 4.1.12. SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

El Directo de la Obra dejará por escrito que en caso que se deduzca que la obra debe ser realizada directamente por el Astillero, podrá este concretar con otras contratas la realización de determinadas unidades de obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

#### 4.1.13. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

##### RECEPCIÓN PROVISIONAL

La recepción provisional se realizará una vez que la obra esté terminada y para ello se realizará un reconocimiento por parte del Director de Obra y la

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 110/135

propiedad en presencia del Astillero, dando el acta y empezando a correr desde el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas.

En caso contrario, al no ser admitidas, se hará constar en acta y se dará parte en el Astillero para solucionar los defectos observados, fijando un plazo, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que suponga gasto alguno para la propiedad.

#### PLAZO DE GARANTÍA

Contando desde la fecha de la recepción provisional o bien, el que establezca el contrato, el plazo de garantía será de un año como mínimo. Durante este período, queda a cargo del Astillero la conservación de las obras y solución de defectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.

#### RECEPCIÓN DEFINITIVA

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía o, en su defecto, a los seis meses de la recepción provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Astillero de conservar y reparar a su cargo las obras.

#### 4.1.14. CONTRATACIÓN DEL ASTILLERO

El conjunto de las instalaciones que realizará el Astillero que se decida una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

#### 4.1.15. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante el contrato privado, comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución.



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 111/135

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato, el cual será firmado tanto por el Astillero como el propietario.

#### 4.1.16. RESPONSABILIDADES

La ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato será responsabilidad del Astillero. Como consecuencia de ello, estará obligado a desinstalar las partes mal ejecutadas y volverlas a instalar de manera correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las averías que se produzcan durante la ejecución de las obras. Además del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### 4.1.17. RECISIÓN DEL CONTRATO

Se consideran las siguientes causas:

1. Quiebra del Astillero
2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
6. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
8. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 112/135

## **4.2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **4.2.1.MEDICIONES ECONÓMICAS**

El Astillero se encargará de verificar los planos y efectuar las mediciones correspondientes. En caso de detectar algún defecto, se reclamará al Director de la Obra y este se lo comunicará a la parte interesada.

El Astillero, el Director de la Obra y la parte interesada se pondrán de acuerdo volviendo a verificar los defectos y tomando las medidas correspondientes que se consideren oportunas. Con esto, se pretende asegurar la continuidad de las obras evitando retrasos en su ejecución.

### **4.2.2.ABONO DE LAS OBRAS**

En el contrato se deberán fijar detalladamente los plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. Tales liquidaciones no suponen la aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

### **4.2.3.PRECIOS**

Al formalizarse el contrato, el Astillero presentará la relación de los precios que integran este proyecto, los cuales tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que puedan existir.

Se entiende que estos precios comprenden la ejecución total de la unidad de la obra, incluyendo los trabajos complementarios y los materiales, además de la imposición fiscal y las cargas laborales.

En caso de tener que realizar unidades de obra no previstas en el proyecto, el precio será fijado por el Director de Obra y el Astillero, antes de su ejecución se le mostrará las variaciones al propietario para su aprobación o rechazo.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 113/135

#### 4.2.4. REVISIÓN DE PRECIOS

En el contrato se establecerá si el Astillero tiene derecho a la revisión de precios y a calcularlos en caso de que sea necesario alguna modificación. En caso de tener que realizar alguna modificación, será el Director de Obra el encargado de llevarlo a cabo.

#### 4.2.5. PRECIOS CONTRADICTORIOS

En caso de que exista la determinación de algún precio contradictorio, el Director de Obra lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto, estando el Astillero obligado a aceptarlos.

#### 4.2.6. PENALIZACIONES POR RETRASOS

La obra establecerá tablas de penalización, por retrasos de plazo de la entrega de la obra, cuyas cuantías se fijarán en el contrato. Tales cuantías podrán ser cobradas a la finalización de las obras o ser descontadas de la liquidación final.

#### 4.2.7. LIQUIDACIÓN EN CASO DE RECISIÓN DEL CONTRATO

En caso de las anomalías anteriormente expuestas o por acuerdo de ambas partes, es necesario derogar el contrato, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales utilizados hasta el momento que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se derogue el contrato, se llevará a cabo la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 114/135

#### 4.2.8.FIANZA

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá a la retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

En caso de no concretar la fianza en el contrato, se adoptará como garantía una retención del 5% de los pagos.

La propiedad podrá ordenar realizar los trabajos de la obra a un tercero, en caso de que el Astillero se niegue a ejecutarlos en las condiciones contratadas o atender la garantía. Deberá abonar su importe con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad en caso de que el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra en un plazo máximo de treinta días.

#### 4.2.9.GASTOS DIVERSOS A CUENTA DEL ASTILLERO

El Astillero debe proporcionar el agua, la energía eléctrica y cualquier acondicionamiento para mantener unas óptimas condiciones del personal.

Parta la correcta ejecución de la obra se requiere gastos que corren por cuenta del Astillero, tales como los materiales, la mano de obra y los medios auxiliares necesarios.

#### 4.2.10. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

En este período, las obras deberán estar en perfectas condiciones. Los gastos derivados de la conservación de las obras durante el plazo de garantía correrán por cuenta del Astillero.

Estos gastos están incluidos en las diversas unidades de obra, por lo tanto, el Astillero no podrá reclamar una indemnización.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 115/135

#### 4.2.11. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El Astillero deberá cumplir siempre las leyes relativas a la seguridad y limpieza en el trabajo. En caso de no cumplir alguna de esta norma, dará lugar a una sanción y, siguiendo el contrato, vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

#### 4.2.12. RESPONSABILIDAD POR DAÑOS

La propiedad tiene concretada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros. El Astillero figura como asegurado y garantiza la responsabilidad civil de los días causados accidentalmente a terceros con motivo de las sobras.

En esta póliza figura la responsabilidad civil que tiene el Astillero respecto a terceros en caso de que haya daños físicos y materiales.

No obstante, queda excluida toda la prestación que deba estar relacionada con el seguro obligatorio de accidentes laborales y enfermedades profesionales de la Seguridad Social. Del mismo modo, quedan excluidas cualquier tipo de sanciones, multas o recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.

#### 4.2.13. DEMORAS

Al encargarse el trabajo, se fijará la fecha de inicio y terminación, estando ambas partes de acuerdo.

El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, bajo la aprobación de la propiedad.

Solo se consideran demoras justificables las causadas por fuerza mayor, es decir, huelgas generales, condiciones atmosféricas adversas, etc.

En caso contrario, es decir, que el Astillero cometa alguna demora injustificable, tendrá las siguientes penalizaciones:

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 116/135

Por retraso de la incorporación del personal y ausencia de medios necesarios para la realización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de un 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de trabajos: desde un 1% de la facturación de estos encargos a un máximo de un 5% por cada día de retraso.

Por incumplimiento de la ley de seguridad y limpieza: la primera sanción será de 300€, aumentando otros 300€ sucesivamente hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y seguridad, cargando el coste al Astillero.

### **4.3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS**

#### **4.3.1. NORMAS A SEGUIR**

Además de lo descrito en este pliego de condiciones, las obras a realizar se guiarán por las siguientes normas:

Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.

Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

Normas UNE.

Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Normas de la compañía suministradora de los materiales.

Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos

#### **4.3.2. PERSONAL**

El Astillero contará con un encargado con conocimientos acreditados que será responsable de la ejecución de la obra y supervisar las labores de los operarios para la ejecución de la obra.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 117/135

El encargado recibirá instrucciones del Director de Obra y se encargará de transmitir las a los operarios.

El Astillero contará con el número de operarios cualificados que sean necesarios para realizar el trabajo. También está obligado a expulsar de la obra a cualquier operario que no cumpla con las obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, a juicio del Director de la Obra.

#### 4.3.3.CONDICIONES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Se describirán de minuciosamente las condiciones que deben reunir los materiales empleados en la construcción del proyecto, siendo cada uno de ellos los más adecuados para un satisfactorio resultado final.

#### 4.3.4.ADMISIÓN Y RETIRADA DE MATERIALES

Los materiales empleados en este proyecto serán de la mejor calidad posible.

El Director de Obra ordenará los análisis, ensayos y pruebas con los materiales y se encargará de decidir si los materiales reúnen las características que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material.

#### 4.3.5.RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS PREVIOS

Cuando el Director de Obra lo considere oportuno, aunque no esté estipulado en el pliego, podrá encargar y ordenar el análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien en una fábrica, laboratorio o en la misma obra, según crea más conveniente.

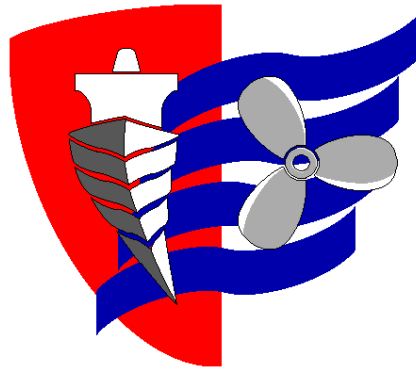
En el caso de disconformidad, los ensayos se efectuarán en el laboratorio que designe el Director de Obra.

Los gastos que suponen estas pruebas correrán por cuenta del Astillero.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 118/135



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

## 5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### 5.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

#### 5.1.1. VENTILADORES

Tabla 14. Presupuesto de los ventiladores.

Fuente: Propia.

Concepto	Unidades	Precio unitario [€/unidad]	Precio total [€]
Ventilador HGTX 125-8T/9-5.5	2	7.398,15	14.796,30
Ventilador HC-80-4T/H	1	1.224,35	1.224,35
Ventilador HC-80-6T/H	1	1.040,95	1.040,95
Ventilador HC-50-4T/H	1	491,30	491,30
Ventilador HC-45-4T/H	1	387,75	387,75
			17.940,65

## 5.1.2.EXTRACTORES

Tabla 15. Presupuesto de los extractores.

Fuente: Propia.

Concepto	Unidades	Precio unitario [€/unidad]	Precio total [€]
Extractor HTMH 56-4T-1	2	1.593,9	3.187,8
Extractor HTMH 56-4T-1	1	1.593,9	1.593,9
Extractor HT-45-4T	1	752,5	752,5
			5.534,2 €

## 5.1.3.CONDUCTOS

Tabla 16. Conducto de ventilación de los motores principales

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m²]	Precio unitario [€/m²]	Precio total [€]
Codo 2.100x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1	158,18	158,18

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 122/135

Conducto rectangular galvanizado 2.100x650 1mm	70,4	18,10	1.274,24
Codo 2.100x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1	158,18	158,18
Conducto rectangular galvanizado 2.100x650 1mm	13,75	18,10	248,88
Conducto rectangular galvanizado 1.350x650 1mm	25,2	18,10	456,12
			<b>2.295,6 €</b>

Tabla 17 Conducto de ventilación de los motores principales

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
Codo 2.100x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1	158,18	158,18
Conducto rectangular galvanizado 2.100x650 1mm	70,4	18,10	1.274,24
Codo 2.100x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1	158,18	158,18

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 123/135

conducto rectangular galvanizado 2.100x650 1mm	46,2	18,10	836,22
conducto rectangular galvanizado 1.350x650 1mm	18,4	18,10	333,04
			<b>2.759,86 €</b>

Tabla 16 Conducto de ventilación de los motores auxiliares

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
Codo 1.400x550 1mm conducto rectangular galvanizado	1	120,54	120,54
conducto rectangular galvanizado 1.400x550 1mm	49,92	18,10	903,55
Codo 1.400x550 1mm conducto rectangular galvanizado	1	120,54	120,54
conducto rectangular	5,65	18,10	102,35

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 124/135

galvanizado 1.400x550 1mm			
conducto rectangular galvanizado 1.350x400 1mm	5,33	18,10	96,52
conducto rectangular galvanizado 1.050x250 1mm	6,83	18,10	123,53
			<b>1.467,03 €</b>

Tabla 17 Conducto de ventilación local de la maquinaria a proa

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m²]	Precio unitario [€/m²]	Precio total [€]
Codo 400x400 1mm conducto rectangular galvanizado	1	59,28	59,28
conducto rectangular galvanizado 400x400 1mm	20,48	18,10	370,7
Codo 400x400 1mm conducto	1	59,28	59,28

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 125/135

rectangular galvanizado			
conducto rectangular galvanizado 400x400 1mm	4,4	18,10	79,64
			<b>568,9 €</b>

Tabla 18 Conducto de ventilación de la sala de depuradoras

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
Codo 1.500x350 1mm conducto rectangular galvanizado	1	114,19	114,19
conducto rectangular galvanizado 1.500x350 1mm	12,58	18,10	227,7
Doble codo 1.500x350 1mm conducto rectangular galvanizado	2	114,19	228,38
conducto rectangular	32,75	18,10	592,76

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 126/135

galvanizado 1.500x350 1mm			
Codo 1.500x350 1mm conducto rectangular galvanizado	1	114,19	114,19
conducto rectangular galvanizado 1.500x350 1mm	9,62	18,10	174,12
conducto rectangular galvanizado 1.150x300 1mm	15,23	18,10	329,87
conducto rectangular galvanizado 600x250 1mm	8,93	18,10	161,54
			<b>1.942,75 €</b>

Tabla 19 Conducto de ventilación de estabilizadores, planta séptica y bombas contra incendios

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	82,58



CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 127/135

conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	40,96	18,10	741,38
Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	165,16
conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	20,64	18,10	373,58
conducto rectangular galvanizado 900x200 1mm	7,7	18,10	139,37
conducto rectangular galvanizado 800x150 1mm	6,65	18,10	120,36
			<b>1.622,7 €</b>

Tabla 20 Conducto de extracción de los motores principales

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
----------	----------------------------	-------------------------------------	------------------

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 128/135

Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	82,58
conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	40,96	18,10	741,38
Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	82,58
conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	8	18,10	144,8
conducto rectangular galvanizado 550x200 1mm	9,45	18,10	171,05
			<b>1.222,39 €</b>

Tabla 21 Conducto de extracción de los motores principales

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
----------	----------------------------	----------------------------------------	------------------

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 129/135

Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	82,58
conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	40,96	18,10	741,38
Codo 1.400x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1	82,58	82,58
conducto rectangular galvanizado 1.400x200 1mm	24,08	18,10	435,85
conducto rectangular galvanizado 550x200 1mm	6,9	18,10	124,89
			<b>1.467,25 €</b>

Tabla 18 Conducto de extracción de la sala de depuradoras

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m <sup>2</sup> ]	Precio unitario [€/m <sup>2</sup> ]	Precio total [€]
----------	----------------------------	----------------------------------------	------------------

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 130/135

Codo 750x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1	63,86	63,86
conducto rectangular galvanizado 750x250 1mm	25,6	18,10 €	463,36
Codo 750x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1	63,86	63,86
conducto rectangular galvanizado 750x250 1mm	7,5	18,10	135,75
conducto rectangular galvanizado 650x200 1mm	6,38	18,10	115,39
conducto rectangular galvanizado 400x150 1mm	4,13	18,10	74,75
			<b>916,97 €</b>

Tabla 19 Conducto de extracción de estabilizadores, planta séptica y bombas contraincendios

Fuente: Propia

Concepto	Unidades [m²]	Precio unitario [€/m²]	Precio total [€]
Codo 600x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1	59,28	63,86
conducto rectangular galvanizado 600x250 1mm	21,76	18,10	393,86
Codo 600x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1	63,86	63,86
conducto rectangular galvanizado 600x250 1mm	10,97	18,10	198,56
conducto rectangular galvanizado 500x200 1mm	4,9	18,10	88,69
conducto rectangular galvanizado 300x150 1mm	3,15	18,10	57,02
			<b>865,85 €</b>

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 132/135

#### 5.1.4.MANO DE OBRA

Personal	Número de trabajadores	€/Hora	Horas/ Trabajador	Horas Totales	Total [€]
Jefe de obra	1	30	20	20	600
Electricista	1	28	24	24	672
Operario	4	25	160	640	16.000
					17.272 €

#### 5.1.5.CONSUMIBLES, MATERIAL DE SEGURIDAD Y DISTINTOS MEDIOS PROVISIONALES

Concepto	Unidades	Precio unitario [€/unidad]	Precio total [€]
Materiales consumibles			750
Material de seguridad y medios provisionales			550
UNE-EN ISO 8861:1999	1	34,41	34,41

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 133/135

UNE-EN ISO 8861:2001	1	0	0
UNE 157001:294	1	44	44
UNE 12499:2010	1	51	51
			1.429,41 €

## 5.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

Secciones a presupuestar:	Importe
Ventiladores	17.940,65 €
Extractores	5.534,20 €
Conductos	15.129,30 €
Mano de obra	17.272 €
Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales	1.429,41 €
Presupuesto de Ejecución del Material:	57.305,56 €

Concepto:	Importe
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	5.730,56 €
(5% PEM) Honorarios del proyecto	2.865,28 €

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2018	
	REV: 00	PAG: 134/135

(21 % PEM) IVA	12.034,17 €
Presupuesto General para conocimiento del Cliente:	77.935,57 €

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a SETENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO CON CINCUENTA Y SIETE EUROS.



### **Aviso responsabilidad UC**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”